

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный университет
Институт наук о земле
Кафедра экологической безопасности и устойчивого развития регионов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НАИЛУЧШИХ
ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО "БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД"

Магистранта 2 курса
Направления 05.04.06
«Экология и природопользование»
Тихова Александра Александровича
(ф.и.о.)

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Научный руководитель:
Донченко Владислав Константинович,
д.э.н., профессор
(ф.и.о., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Рецензент:
Бегак Михаил Владимирович,
к.т.н., вед. науч.сотрудник НИЦЭБ РАН
(ф.и.о., уч. степень, уч. звание)

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Теоретические основы процесса внедрения наилучших доступных технологий как современного инструмента обеспечения экологической безопасности гальванического производства	8
1.1 Переход на применение наилучших доступных технологий в гальваническом производстве российских промышленных предприятий.....	8
1.1.1. Теоретические основы перехода на наилучшие доступные технологии в Российской Федерации.....	8
1.1.2. Наилучшие доступные технологии как инструмент модернизации и экологизации производственных процессов гальванических цехов	13
1.1.3. Применение наилучших доступных технологий в процессах функционирования технических систем экологической безопасности гальванического производства	19
1.2. Зарубежный опыт разработки и внедрения наилучших доступных технологий в гальваническом производстве на примере BREF BAT государств-членов Европейского Союза.....	27
Глава 2. Характеристика производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» как площадки для внедрения наилучших доступных технологий с целью обеспечения экологической безопасности производства.....	39
2.1 Методологические основы перехода на наилучшие доступные технологии цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»	39
2.2. Характеристика и технологические схемы основных производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод».....	46
2.3. Характеристика процесса функционирования существующих технических систем экологической безопасности цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод».....	57
2.4. Расчет материального баланса производственных циклов процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»	64
Глава 3. Сравнительный анализ наилучших доступных технологий цинкования и хромирования для внедрения в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» с учетом принципов обеспечения экологической безопасности деятельности и сокращения производственных издержек цеха.....	71
3.1 Методика выбора НДТ цинкования и хромирования для внедрения в гальваническое производство цеха №11 ОАО «Балтийский завод».....	71
3.2. Характеристика наилучших доступных технологий, рассматриваемых в качестве потенциальных технологий модернизации и экологизации процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»	77

3.3 Эколого-экономическая оценка рассматриваемых наилучших доступных технологий для внедрения в существующее гальваническое производство цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»	88
3.3.1 Оценка экологических показателей гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ цинкования и хромирования	88
3.3.2 Оценка экономических показателей гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ цинкования и хромирования	91
Глава 4. Экономическая эффективность внедрения технологий использования цинкатных щелочных электролитов и трехвалентных хромитных растворов в технологические процессы гальванического производства ОАО «Балтийский завод»	95
4.1. Анализ показателей финансово-экономической активности производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» и выбор источников финансирования процесса перехода на наилучшие доступные технологии	95
4.2. Расчет показателей эколого-экономической эффективности от внедрения НДТ в технологические процессы цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»	105
4.2.1 Расчет показателя экологического ущерба от гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ	105
4.2.2 Расчет показателя предотвращенного экологического ущерба от гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ ...	108
4.2.3 Расчет платы за загрязнение окружающей среды в результате гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ ...	109
4.3. Оценка экономической заинтересованности ОАО «Балтийский завод» в переходе на использование НДТ в гальваническом производстве на современном этапе развития и производственной деятельности предприятия	112
Заключение	117
Список литературы	120
ПРИЛОЖЕНИЕ	126

Введение

Актуальность темы исследования. На современном этапе развития российской промышленности главным источником поступления загрязняющих веществ являются технологические процессы, поэтому в качестве метода реализуемой государством экологической политики по сокращению негативного воздействия на окружающую среду рассматривается переход существующего и создаваемого производства на использование наилучших доступных технологий (далее – НДТ) и комплексные экологические разрешения. Имеющийся зарубежный опыт подтверждает, что результатом перехода на использование НДТ является решение взаимосвязанных задач обеспечения экологической безопасности, повышения энергоэффективности, снижения ресурсоемкости, определенных требованиями соответствующих справочников по НДТ.

На настоящий момент времени процесс перехода российских промышленных предприятий на использование НДТ и формирование нормативно-правовой базы данного перехода находятся в активной стадии, а процесс внедрения рассматривается как добровольное принятие международных экологических стандартов и принципов экологической ответственности. В качестве ожидаемого результата внедрения НДТ полагается значительное улучшение экологических показателей и сокращение экологического ущерба от осуществляемой производственной деятельности. В то же время слабо проработанным остается вопрос оценки фактического экономического эффекта от осуществляемой модернизации производственного процесса с учетом специфики современной организации производственного процесса и существующей российской нормативно-правовой базы и, как следствие, реальной заинтересованности отечественных промышленных предприятий в осуществлении данного перехода.

Из вышесказанного следует, что актуальность темы диссертационного исследования обусловлена необходимостью определения экономической заинтересованности промышленного предприятия в переходе на применение НДТ за счет сокращения издержек производства и, как следствие, повышения экономической эффективности производственного процесса в результате обеспечения экологической безопасности их деятельности.

Объект исследования выпускной квалификационной работы – гальванический цех №11 ОАО «Балтийский завод»

Предмет исследования – внедрение наилучших доступных технологий в процессы гальванического производства на крупном судостроительном предприятии.

Цель исследования – оценить экономическую эффективность от внедрения наилучших доступных технологий в рамках обеспечения экологической безопасности

гальванического производства на примере крупного российского предприятия машиностроения – ОАО «Балтийский завод»

Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Рассмотреть теоретические основы процесса разработки и внедрения НДТ как современного инструмента обеспечения экологической безопасности гальванического производства в Российской Федерации и государствах-членах Европейского Союза.
2. Проанализировать современный уровень развития и оценить экологическую опасность производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» в контексте перехода на использование НДТ.
3. Разработать методику выбора НДТ для внедрения в гальваническое производство с целью обеспечения экологической безопасности деятельности цеха №11 ОАО «Балтийский завод».
4. Осуществить сравнительный анализ и оценку НДТ, рассматриваемых в качестве потенциальных технологий модернизации цеха №11 ОАО «Балтийский завод», по технологическим, экологическим и экономическим параметрам.
5. Оценить современную финансово-экономическую активность ОАО «Балтийский завод» для определения возможности перехода производственных процессов цеха №11 на НДТ.
6. Определить комплексную экономическую эффективность от внедрения НДТ в технологические процессы цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» на уровне структурного подразделения и предприятия в целом.

Методы исследования выбраны исходя из поставленных в научно-исследовательской работе задач и с учетом особенностей объекта и предмета исследования: статистический, проблемный, структурно-функциональный, типологии, системный анализ, сравнительный анализ, SWOT-анализ, экономико-математическое моделирование, прогнозирование, метод экспертных оценок, индукции и дедукции, метод восхождения от абстрактного к конкретному. Автором были осуществлены расчет и анализ качественного и количественного состава растворов и стоков основных операций гальванического производства, определены основные технические характеристики рассматриваемых технологий, рассчитаны прогнозируемые показатели экологической опасности, водопотребления, экономической эффективности, размеры предотвращенного экологического ущерба и платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Научная новизна выпускной квалификационной работы заключается в обосновании и разработке методического инструментария оценки эколого-экономической

эффективности от внедрения наилучших доступных технологий в уже существующие производственные процессы определенного структурного подразделения промышленного предприятия, основанного на моделировании производственного процесса, прогнозе и расчете системы показателей, а также осуществления практических рекомендаций по организации такой оценки.

Практическая значимость работы заключается в разработке методологического подхода к выбору наиболее эффективной по технологическим, экономическим и экологическим показателям НДТ, внедрение которой в гальваническое производство рассматриваемого в исследовании предприятия способствует достижению экологически-безопасного производства с обеспечением максимально возможного и комплексного экономического эффекта для всего завода в целом. Полученные результаты могут быть использованы в качестве методических рекомендаций на этапе подготовительных работ и научно-исследовательских разработок при осуществлении перехода производственного процесса ОАО «Балтийский завод» на использование НДТ.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения; четырех глав, включающих двенадцать разделов и восемь подразделов, содержащих 35 таблиц и 8 изображений; заключения; списка использованных источников, насчитывающего 89 позиций; приложения, включающего 14 таблиц.

В первой главе рассматриваются основные аспекты перехода на НДТ в Российской Федерации, в том числе изучается современная нормативно-правовая основа института НДТ и алгоритм разработки и внедрения данных технологий. Более подробно рассматриваются типология, основные подходы, принципы и критерии НДТ в области гальванического производства на примере российских и европейских информационно-технических справочников, а также определяется возможность использования зарубежного опыта перехода на НДТ в гальваническом производстве российских промышленных предприятий.

Во второй главе осуществляется характеристика современных производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод», представленных цинкованием и хромированием, в том числе рассматриваются технические аспекты процесса нанесения гальванических покрытий, рассчитываются и анализируются основные составляющие материального баланса цеха, экологические и экономические показатели при выполнении программы с использованием современных технологических схем цинкования и хромирования.

В третьей главе проводится сравнительный анализ НДТ в области хромирования и цинкования, выбранных из ИТС по технологическим показателям соответствия специфике

осуществляемого гальванического производства ОАО «Балтийский завод». На основании разработанной автором методики двухэтапного выбора НДТ как наиболее эффективных с точки зрения обеспечения экологической безопасности деятельности и сокращения производственных издержек цеха проводится оценка рассматриваемых технологий и даются рекомендации по осуществлению перехода производственных линий цеха на НДТ.

В четвертой главе осуществляется оценка экономических параметров реализации принципов НДТ на рассматриваемом производстве, в том числе анализируются показатели финансовой активности ОАО «Балтийский завод» на предмет определения возможности и источников финансирования перехода и рассчитываются основные показатели эколого-экономической эффективности внедрения предлагаемых автором технологий с целью определения экономической заинтересованности предприятия в осуществлении процесса перехода на НДТ.

Глава 1. Теоретические основы процесса внедрения наилучших доступных технологий как современного инструмента обеспечения экологической безопасности гальванического производства

1.1 Переход на применение наилучших доступных технологий в гальваническом производстве российских промышленных предприятий

1.1.1. Теоретические основы перехода на наилучшие доступные технологии в Российской Федерации

В соответствии с «Основами государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года» стратегической целью государственной политики Российской Федерации является решение социально-экономических задач, направленных на экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, реализации права каждого человека на благоприятную окружающую среду, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности (Основы).

В качестве одного из инструментов государственной экологической политики по достижению данной цели рассматривается переход на наилучшие доступные технологии (НДТ) и комплексные экологические разрешения для внедряющих их хозяйствующих субъектов. Обеспечение политики государства по переходу к принципам НДТ осуществляется в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2014 №398-р, на основании которого был утвержден комплекс мер, направленных на отказ от применения устаревших и неэффективных технологий и переход на внедрение принципов НДТ. Данный документ объединяет подходы, мероприятия различных министерств и ведомств по обеспечению перехода объектов промышленности на систему НДТ.

Впервые понятие наилучшей технологии получило официальное определение в России в Федеральном законе от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» как «технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов» (№7-ФЗ).

В 2007 г. был принят Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 14.13–2007 «Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля», в соответствии с которым НДТ рассматривались как наиболее эффективное решения для обеспечения высокого уровня охраны окружающей среды, сбережения материальных и энергетических ресурсов России.

«НДТ считаются априорно существующими, уровень развития которых делает возможным их внедрение в определенную отрасль промышленности с учетом экологической, экономической и технической целесообразности, а также затрат и выгод, независимо от того, реализуются ли они на данном объекте хозяйственной деятельности, но с условием, что они являются приемлемыми и доступными для субъектов хозяйственной деятельности». (ГОСТ Р 14.13–2007) В соответствии с ГОСТ 14.13-2007 к НДТ в основном относятся малоотходные и безотходные технологии.

Окончательное правовое закрепление института НДТ в системе государственного управления было реализовано в Федеральном законе от 21.07. 2014 г. №219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Однако данный законопроект не определяет требования и основы формирования справочников НДТ, их структуру и содержание, на основании чего в качестве второго документа, необходимого для определения правовых основ формирования института НДТ в РФ, выступает Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации».

В данном исследовании под наилучшими доступными технологиями понимаются технологии, разработанные в масштабах, обеспечивающих их внедрение в процессы функционирования соответствующей отрасли промышленности экономически-обусловленным и технически-осуществимым способом с учетом соответствующего баланса затрат и выгод. В качестве технологий рассматриваются как уже используемые технологии, так и способы их проектирования, создания, обслуживания, эксплуатации на предприятии. Таким образом, помимо непосредственно технологий в стандартном их понимании, к НДТ относятся также современные системы экологического и энергетического менеджмента.

В качестве критериев идентификации технологических процессов, оборудования, технических способов и методов как НДТ выступают следующие:

- а) «наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;
- б) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- г) период внедрения;

д) промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на 2 и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» (Постановление №1458).

Методика перехода к НДТ предполагает добровольное принятие промышленными объектами основополагающих принципов данного подхода и согласованную политику государства и промышленных предприятий по переходу к новым принципам экологического нормирования и регулирования экономической деятельности (Постановление №1458). Рассмотрим основные аспекты осуществляемой на современной этапе развития Российской Федерации промышленной политики государства как комплекса мер государственного воздействия в рамках перехода на НДТ в производственном секторе экономики.

В качестве независимых от государства стимулирующих факторов для добровольного внедрения и реализации НДТ на уже существующих промышленных объектах Российской Федерации может выделить следующие:

- экономический - обеспечение конкурентоспособности российских предприятий и повышение их инвестиционной привлекательности (в первую очередь для иностранных инвестиций);
- технологический - обеспечение перехода промышленного производства в России на новый технологический уровень, в том числе за счет разработки и внедрения современных отечественных технологий и оборудования и новых производственных мощностей, соответствующих современному уровню научно-технического прогресса и мировым показателям, следствием чего является комплексная модернизация всего производственного процесса предприятия;
- социальный – формирование высокопроизводительных рабочих мест, повышение эффективности и снижение трудоемкости производства (Аверочкин, 2013).

Характеристика применяемых в Российской Федерации технологий по конкретным отраслям приводится в Справочниках по НДТ - документах, содержащих описания, начиная со стадии добычи ресурса и завершая стадией отправкой готовой продукции на рынок сбыта, комплексных производственных процессов (технологий, методов), которые признаны в качестве НДТ для определенной категории отраслевых промышленных объектов, включая соответствующие параметры и мероприятия по защите окружающей среды (Приказ №1484). Несмотря на единообразие структуры, определенной соответствующим предстандартом, Справочники НДТ являются различными по наполнению, причем практически во всех из них значительное внимание уделяется системе экологического менеджмента.

На основании отраслевых справочников НДТ осуществляется формирование комплекса конкретных показателей уровня негативного воздействия (технологических нормативов), закрепляемых в Реестре НДТ как обязательный норматив и применяемых для экологического нормирования

Порядок разработки, актуализации и опубликования справочников по НДТ утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458. Перечень областей применения справочников НДТ утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 № 2674-р. (См. Таблица 1).

Таблица 1. Перечень областей применения наилучших доступных технологий

Хозяйственная и (или) иная деятельность, которая оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду	Технологические процессы, оборудование, технические способы и методы, применяемые при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности
<ul style="list-style-type: none"> • Добыча и обогащение железных руд, производство чугуна, стали и ферросплавов, производство изделий дальнейшего передела черных металлов; • Добыча и обогащение руд цветных металлов, производство цветных металлов; • Добыча нефти и природного газа; • Производство кокса и нефтепродуктов, переработка природного газа; • Добыча и обогащение угля и антрацита; • Производство электрической и тепловой энергии через сжигание топлива; • Обезвреживание отходов, в том числе термическими способами; • Захоронение отходов производства и потребления; • Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона; • Производство основных органических химических веществ; • Производство продукции тонкого органического синтеза; • Производство полимеров; • Производство основных неорганических химических веществ - аммиака; • Производство неорганических кислот, минеральных удобрений; • Производство твердых и других неорганических химических веществ - оксидов, гидрооксидов, солей; • Производство специальных неорганических химикатов; • Производство прочих основных неорганических химических веществ; • Обработка поверхностей, предметов или продукции с использованием органических 	<ul style="list-style-type: none"> • Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов); • Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности; • Промышленные системы охлаждения; • Обращение с вскрышными и вмещающими горными породами; • Очистка сточных вод и выбросов загрязняющих веществ при производстве продукции (товаров), проведении работ и оказании услуг на предприятиях.

<p>растворителей;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нанесение покрытий на металлы и пластмассы с использованием электролитических или химических процессов; • Производство стекла, керамических изделий; • Производство цемента, извести, оксида магния; • Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация); • Крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции; • Дубление, крашение, выделка шкур и кож; • Разведение свиней, сельскохозяйственной птицы; • Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях; • Производство пищевых продуктов, напитков, молока и молочной продукции; • Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. 	
---	--

*Составлено автором по данным Распоряжение Правительства РФ
от 24.12 2014 № 2674-р.*

Поэтапный график создания в 2015–2017 гг. справочников по НДТ был утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 ноября 2014 г. № 2178-р. Всего за указанный период времени планируется разработка и утверждение 55 профильных справочников по НДТ.

Переход к НДТ - комплексный подход к предотвращению или снижению загрязнения окружающей среды как за счет законодательных требований, так и действия на уровне промышленных союзов, ассоциаций, объединений и объектов хозяйственной деятельности, направленных на всестороннее предотвращение и контроль интегрального воздействия на окружающую среду. Главным следствием перехода к НДТ является обеспечение принятия на промышленном объекте комплексных мер защиты от загрязнения атмосферы, водной среды и почвы в контексте производственной деятельности, а предельные значения и параметры выбросов, сбросов, образования отходов и соответствующие им меры технического характера должны регламентироваться за счет НДТ, доступность которых определяет возможность их практического применения. Переход на НДТ обеспечит заинтересованность хозяйствующих субъектов в обеспечении экологизации своей производственной деятельности и снижении негативного воздействия на окружающую среду, так как реализация данного подхода может рассматриваться как один из факторов повышения экономической эффективности за счет

сокращения внутренних расходов предприятия и стимулирующей поддержки со стороны государства (Бегак, 2010а).

В рамках осуществляемого исследования рассмотрим более подробно основные теоретические рекомендации и предложения по переходу к применению НДТ в гальваническом производстве, содержащиеся в основной документации, регламентирующей и определяющей алгоритм и методику идентификации и применения НДТ – информационно-технических справочниках, рассматривающих технологические, экологические и экономические аспекты перехода к использованию НДТ в гальваническом производстве.

1.1.2. Наилучшие доступные технологии как инструмент модернизации и экологизации производственных процессов гальванических цехов

Технологические процессы, осуществляемые в процессе гальванического производства, наиболее детально и подробно рассматриваются в справочнике ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях». В данном справочнике представлены технологии и процессы, связанные с образованием сточных вод предприятий машиностроительного комплекса в результате механической обработки металла; обработки поверхностей, предметов или продукции органическими растворителями и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов (в том числе гальваническое производство), травильного производства, литейного производства, работы пескоструйных и моющих установок и др. (раздел 2.2.9) (ИТС 8-2015).

Гальваника – «один из электрохимических методов нанесения металлических и химических покрытий на электропроводящий и неэлектропроводящий материал для придания ему определенных свойств: защитных антикоррозийных, защитно-декоративных, декоративных, специальных: антифрикционных, для придания твердости, износостойкости и др.» (Михайлов, 2010).

Гальваническое производство – это отрасль промышленности, осуществляющая нанесение защитных или декоративных покрытий на металлические и неметаллические изделия (цинкование, никелирование, оксидирование), а также снятие одного из слоев с поверхности материала, например, ржавчины или жира (обезжиривание), с целью последующего нанесения нового покрытия. (Михайлов, 2010).

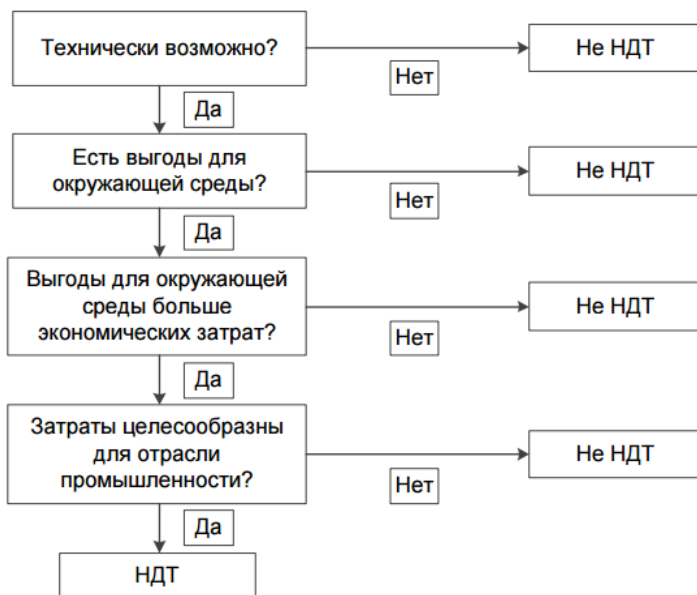
Из всех сточных вод предприятий машиностроения в качестве наиболее экологически опасных определяются сточные воды гальванических цехов, концентрация

загрязняющих веществ в которых зависит от вида технологического процесса нанесения гальванопокрытий: например, концентрация загрязнений сточных вод промывных ванн после нанесения покрытий не превышает 200 мг/л, а в периодически сбрасываемых сточных водах ванн нанесения покрытий может достигать 100000 мг/л.

В качестве основных загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах гальванических цехов, приводятся следующие: кислоты (при травлении, обезжиривании, декапировании, электрополировании, анодировании); щелочи и азотная кислота (при осветлении); цианиды (при латунировании, кадмировании, цинковании, серебрении); медь, никель, хром, кадмий, цинк, серебро, олово (при нанесении металлических покрытий, в зависимости от вида покрытия) и т.п. (Виноградов, 1997а).

Определение подходов, методов, мер и мероприятий в качестве НДТ для очистки сточных вод производства в Справочнике осуществлялось в соответствии с пунктом 6 статьи 28.1 ФЗ Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной являются рекомендации, утверждённые приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665, для областей применения НДТ, и установленные распоряжением Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. № 2674-р, с учётом положений ГОСТ Р 54097—2010 «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации» (см. Рисунок 1).

Рисунок 1. Логический подход идентификации технологии в качестве НДТ



Составлено автором по данным ГОСТ Р 54097—2010

Отнесение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов к НДТ осуществлялось с учётом совокупности следующих критериев:

а) «промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов очистки сточных вод на двух и более промышленных объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду;

б) наименьший уровень негативного воздействия технологических процессов, оборудования, технических способов, методов очистки сточных вод на окружающую среду в расчёте на единицу времени или объём производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации;

в) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации технологических процессов, оборудования, технических способов, методов очистки сточных вод;

г) период внедрения технологических процессов, оборудования, технических способов, методов очистки сточных вод» (ГОСТ Р 54097—2010).

Рассмотрим более подробно основные группы НДТ, предлагаемые в ИТС 8-2015 и направленные на модернизацию и обеспечение экологической безопасности производственного цикла на объектах гальванического производства:

1. Группа НДТ организационно-управленческого характера:

- внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента: определение экологических приоритетов предприятия, разработка, утверждение и реализация плана действий на основе ответственности и компетентности персонала, включая высшее руководство; системности действий; обучения, информирования и участия персонала в реализации мероприятий, связанных с внедрением принципов экологического менеджмента; эффективного управления процессом; наличия и реализации программы технического обслуживания;
- снижение вероятности чрезвычайных ситуаций: установление договорных отношений между лицами, эксплуатирующими отдельные производственные объекты гальванического производства, находящиеся на территории одной промышленной площадки; установление алгоритма взаимодействия между ответственными подразделениями; принятие планов действий при возникновении чрезвычайных ситуаций на уровне предприятия, а также на объектах и площадках гальванического производства для обеспечения надлежащего устранения утечек вредных веществ; наличие резервного хранилища для аварийного сброса сточных вод гальванического цеха.

2. НДТ в области энергосбережения и ресурсосбережения:

- внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении с растворами и сточными водами на основании положений стандартов серий «Ресурсосбережение» и «Энергосбережение»;
- сокращение энергопотребления при обращении с технологическими и сточными водами (многократное использование теплоносителя; использование избыточного пара; энергетически зависимая дистилляция; применение устройств плавного пуска и частотного привода двигателей насосных и воздуходувных агрегатов; гидрофобная эффективная теплоизоляция);
- сокращение энергопотребления на объекте обработки сточных вод (формирование системы, позволяющей отслеживать энергопотребление и затраты; модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энергоэффективности; регулирование приводов насосного оборудования в системах с изменяющимися расходами вод);
- сокращение водозабора и образования сточных вод (раздельное канализование технологических сточных вод в целях их повторного использования в технологическом процессе; предупреждение смешивания условно чистых охлаждающих вод с загрязнёнными технологическими водами и направление их на повторное использование; подача вод в технологический процесс через форсунки с регулируемым давлением; использование автоматического управления расходом технических вод; обработка технических вод на месте с целью улучшения их качества; сокращение до минимально возможного уровня использования артезианских вод в технологических процессах за счёт повторного использования очищенной воды; сокращение использования воды питьевого качества для производственных целей; удаление жидких технологических продуктов из трубопроводов сжатым воздухом или вакуумом вместо воды)
- сокращение до минимально возможного уровня водопотребления технологических процессов (применение безводных технологических подходов с использованием вакуума ;использование замкнутых контуров охлаждения; использование противоточных промывочных систем вместо прямоточных);
- повышение степени повторного использования сточных вод (определение и оценка минимально приемлемого качества вод при использовании для каждого из технологических процессов; выявление возможности повторного использования

очищенных и подготовленных сточных вод; использование сточных вод для целей удаления и обработки отходов и т.д.);

- создание системы сбора и разделения сточных вод;

3. НДТ производственного экологического контроля:

- аппаратный учёт количества сбрасываемых сточных воды специфических загрязнений;
- разработка и внедрение на предприятии программы и методик измерений, применяемых в производственном экологическом контроле сточных вод;
- применение ультразвуковых или индукционных расходомеров для определения расходов воды, транспортируемой по трубопроводам гальванического цеха;
- постоянный контроль качества сточных вод, сбрасываемых в централизованную систему водоотведения.

4. НДТ предотвращения негативного воздействия производственных процессов гальванических цехов на окружающую среду:

- снижение уровня загрязнения сточных вод (предотвращение сброса в сточные воды жидких концентрированных веществ; использование промышленного оборудования и систем сбора сточных вод, изготовленных из коррозионностойких материалов или материалов, имеющих специальные покрытия; использование косвенных систем охлаждения; использование более чистого сырья и вспомогательных реагентов для сокращения загрязнений в локальных сточных водах и общем стоке предприятия; подбор и замена реагентов на менее токсичные и разрешенные к применению в Российской Федерации, при наличии экономической целесообразности и технической возможности такой замены);
- предотвращение загрязнения почв и грунтовых вод (проведение мероприятий по предотвращению или быстрой ликвидации утечек и разливов гальванических стоков; обеспечение герметичности внешних и внутренних канализационных сетей; разработка программы профилактических гидравлических испытаний, тестирования и проверки ёмкостей и трубопроводов; проведение регулярных проверок для выявления возможных утечек обеспечение функционирования системы сбора любых утечек)
- предотвращение нарушения условий эксплуатации централизованных систем водоотведения;

5. НДТ недопущения сбросов и утечек неочищенных сточных вод из систем их транспортирования на очистные сооружения:

- создание отдельных независимых канализационных систем для производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод;
- разработка, утверждение и реализация программы регламентного обслуживания канализационной системы;
- установление приоритетности ремонтных работ;
- профилактическая прочистка канализационных сетей и насосных станций;

6. НДТ предотвращения или сокращения шумового воздействия (снижение уровня шума от оборудования цехов очистки сточных вод и обработки осадков посредством шумоизоляции оборудования и (или) помещений;

7. Сокращение поступления в сточные воды особо опасных и биологически не разлагаемых загрязняющих веществ (отказ от использования в производстве хлора и особо опасных веществ, замена в производстве биологически не разлагаемых химикатов на биологически разлагаемые, безвредные для окружающей среды, раздельный сбор и удаление остатка дезинфицирующих веществ) (ИТС-8-2015).

Обобщая рассмотренные выше НДТ в области гальванического производства, можно выделить основные блоки мероприятий, нацеленные на обеспечение экологической безопасности производственных процессов гальванических цехов, в том числе за счет снижения количественных объемов и показателей токсичности образующихся отходов и гальванических стоков:

- замена токсичных растворов и электролитов менее токсичными;
- продление сроков службы растворов и электролитов;
- сокращение расхода воды на промывочные операции;
- улучшение условий для последующего использования воды и гальванических растворов.

Таким образом, основное внимание при переходе на использование НДТ в производственном цикле гальванических площадок необходимо уделять внедрению разработок эффективного водопользования, переходу к замкнутым процессам рециркуляции воды и извлечению металлов из сточных вод.

Однако внедрение на предприятиях гальванического производства только отраслевых НДТ не обеспечивает автоматического соответствия требованиям российского природоохранного законодательства: ряд НДТ характеризуется достаточно высокими показателями и объемами выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Следовательно, процесс перехода на НДТ предполагает одновременное внедрение

помимо вертикальных НДТ также и горизонтальных, в том числе - наилучших доступных технологий в области очистки выбросов и сбросов гальванического производства и переработки отходов. В следующем разделе рассмотрим более подробно основные НДТ, рекомендуемые для внедрения в технические системы экологической безопасности гальванического производства.

1.1.3. Применение наилучших доступных технологий в процессах функционирования технических систем экологической безопасности гальванического производства

Технические системы экологической безопасности промышленного предприятия представляют один из механизмов обеспечения допустимого негативного воздействия производственного объекта на состояние окружающей среды и здоровье человека.

Так как основными источниками загрязнения окружающей среды в гальванотехнике являются гальванические стоки и отработанные концентрированные растворы, то одной из главных задач технических систем экологической безопасности гальванических цехов является эффективная нейтрализация опасных химических веществ, содержащихся в сточных водах и растворах, а также их максимальная очистка и безопасная утилизация (Колесников, 2005).

По химическому составу сточные воды гальванического производства подразделяются на три категории:

1. Хромсодержащие, образующиеся при процессах хромирования, пассивации и др. и содержащие 80-120 мг/л хроматов (в пересчете на Cr 6+), pH 2-6;
2. Кислотно-щелочные, представляющие промывные воды после гальванических ванн, содержащих кроме ионов тяжелых металлов также кислоты (или щелочи), соли тяжелых металлов, СПАВ, амины, блескообразующие добавки. Данная категория сточных вод составляет до 90% от совокупного объема гальванических стоков.
3. Циансодержащие щелочные, образующиеся в результате осуществления процессов цианистого меднения, цинкования, кадмирования. Концентрация цианидов в данных стоках составляет от 5 до 30 мг/л, pH 7,6-9 (Соложенкин, 2008)

Соединения металлов, выносимые сточными водами гальванического производства, оказывают значительное негативное воздействие на экосистему водоем—почва—растение—животный мир—человек. Гальванические стоки характеризуются токсическим, канцерогенным (вызывают злокачественные новообразования — As, Se, Zn, Pd, Cr, Be, Pb, Hg, Co, Ni, Ag, Pt.), мутагенным (ZnS), тератогенным (способны вызвать

уродства у рождающихся детей — Cd, Pb, As, Co, Al и Li) и аллергическим действием (соединения Cr⁶⁺). (Виноградов, 2001). Также ряд неорганических соединений оказывает губительное действие на микроорганизмы очистных сооружений, прекращая или замедляя процессы биологической очистки сточных вод и сбраживание осадков в метантенках. Содержание токсичных металлов в водных объектах обуславливает губительное воздействие на флору и фауну и замедляет скорость процессов самоочищения водоемов.

Одновременное присутствие в гальванических стоках нескольких вредных компонентов проявляется комбинированным эффектом на организмы человека, флоры и фауны водных объектов, а также на микрофлору очистных сооружений канализации, выражающемся в синергизме, антагонизме и аддитивности: например, сочетания кадмия, цинка и цианидов в воде способствует интенсификации их действия, а наличие мышьяка усиливает действие селена.

Сбросы отработанных гальванических растворов по объему составляют 0,2-0,3% от общего количества сточных вод, в то же время их общее содержание – до 75%. Залповый характер сбросов обеспечивает нарушение режима работы очистных сооружений (ОС) и способствует безвозвратной потере ценных компонентов. (Большаков, 2011).

Рассмотрим основные группы предлагаемых в справочниках ИТС 8-2015 и ИТС 22-2016 НДТ, применение которых в технологических системах экологической безопасности объектов гальванического производства способствует решению базовых проблем современной очистки и рециклинга гальванических стоков и растворов.

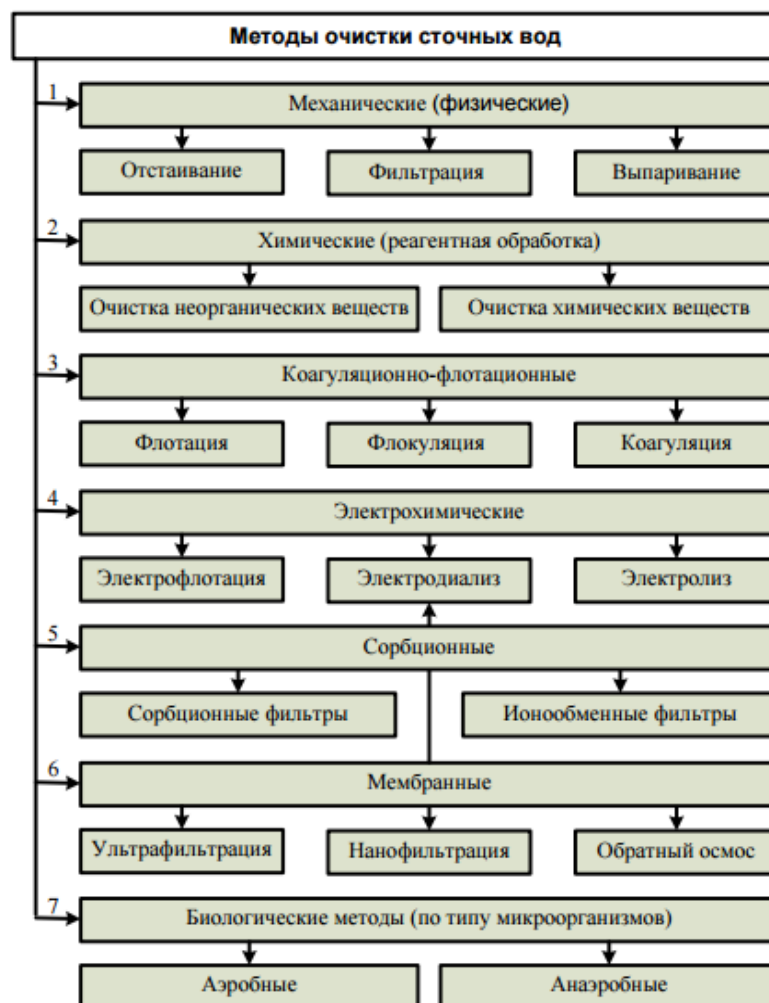
Основными современными методами очистки гальванических стоков от загрязняющих веществ являются механические, химические, биологические и комбинированные методы (см. Рисунок 2).

Выделим основные группы НДТ, предлагаемые в ИТС 8-2015 и направленные на модернизацию систем экологической безопасности гальванического производства:

1. Группа НДТ организационно-управленческого характера:
 - повышение квалификации персонала (стажировок, переподготовки, аттестаций и т. п.), задействованного в технологических процессах очистки сточных вод;

- совершенствование систем очистки промышленных сточных вод (включение в технологический процесс оборудования и установок очистки воды в качестве конструктивного узла основного технологического оборудования; автоматизация технологических процессов очистки; применение герметичных аппаратов, напорной или импеллерной флотации т.д.);

Рисунок 2. Основные методы очистки гальванических стоков



Составлено автором по данным ИТС 8-2015

2. НДТ в области энергосбережения и ресурсосбережения:

- сокращение энергопотребления на объектах очистки сточных вод (формирование системы, позволяющей отслеживать энергопотребление и затраты, проведение энергетического аудита основных технологических операций очистки, модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энергоэффективности; регулирование приводов насосного оборудования в системах с изменяющимися расходами вод; использование биогаза, образовавшегося при анаэробной очистке сточных вод)

- максимально возможное извлечение из сточных вод загрязняющих веществ и их последующее использование;
 - использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций (замена реагентов, используемых при очистке сточных вод, на менее токсичные и имеющие методики химического анализа для определения их остаточных концентраций при наличии экономической целесообразности и технической возможности замены используемых реагентов);
 - использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов
3. НДТ предотвращения и сокращения образования газовых выбросов и запахов из систем сбора и очистки сточных вод:
- предотвращение и сокращение образования газовых выбросов и запахов при процессах очистки (использование закрытых и герметичных систем сбора сточных вод с управляемыми клапанами; использование химических веществ для сокращения образования и окисления сероводорода в системах предварительной обработки и полной обработки сточных вод; ускоренное опорожнение и очистка отстойников и накопителей поверхностного стока; предотвращение хранения сточных вод в аварийном водосборном бассейне дольше, чем это необходимо; ведение к минимуму количества насосных станций для сточных вод и длины канализационных коллекторов; предотвращение чрезмерной аэрации в усреднителях при сохранении достаточного перемешивания; удаление пены и других всплывающих загрязнений в очистных сооружениях; обеспечение достаточной аэрации и перемешивания в аэрационных резервуарах; предотвращение или сведение к минимуму нежелательных анаэробных условий в биологических фильтрах с подвижным орошаемым слоем и во вращающихся биореакторах)
 - сокращение выбросов запахов на завершающем этапе очистки сточных вод за счет применения одного из технологических подходов: адсорбция; мокрая очистка газов; окисление при повышенной температуре; каталитическое окисление; биофильтрация; биологическая очистка; биологическая обработка в реакторе с орошаемым слоем; биологический фильтр с подвижным орошаемым слоем; ионизация; фотоокисление/окисление в ультрафиолетовом свете.

- предотвращение загрязнения воздушной среды и уменьшение углеродного следа очистных сооружений: недопущение возникновения в сооружениях очистки сточных вод застойных зон и зон, где может загнивать осадок с выделением метана в атмосферу; очистка отходящих газов от оборудования и (или) от помещений, где происходит предварительная механическая очистка сточных вод, процессы хранения и обработки осадка и т.д.; перекрытие открытых поверхностей очистных сооружений, выделяющих дурно пахнущие вещества.) (ИТС 8-2015).

Отдельно в Справочниках НДТ рассматриваются технологии очистки, направленные на решение наиболее актуальных экологических проблем предприятий приоритетных областей применения НДТ (к которым относится, в том числе, и гальваническое производство) и выполнение требований, предъявляемых к сточным водам, образующимся при нормальном режиме работы предприятий:

1. Удаление из сточных вод загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом (удаление грубодисперсных примесей из сточных вод до основных технологических стадий очистки; отделение твёрдой фазы сточных вод методом фильтрации; отделение основного количества взвешенных веществ с помощью отстаивания либо флотации; интенсификация процессов отстаивания и флотации с помощью коагулянтов и флокулянтов; тонкая очистка от взвешенных веществ с помощью фильтров; глубокая очистка от взвешенных веществ с помощью мембран).
2. Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений (анаэробная биологическая очистка в биореакторах с удержанием биомассы или в биореакторах-смесителях, аэробная биологическая очистка в аэротенках, биофильтрах и на комбинированных сооружениях и т.д.);
3. Очистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных масел и жиров (отделение основного количества эмульгированных нефтепродуктов и жиров с помощью флотации и (или) аэробной биологической очистки; использование деэмульгирующих химических веществ перед последующей механической и физико-химической очисткой; тонкая очистка от нефтепродуктов с помощью коалесцентных фильтров, сорберов, биосорберов);
4. Удаление из сточных вод азота (отгонка аммонийного азота паром с добавлением щелочи, биологическая нитрификация и др.);
5. Очистка сточных вод, содержащих биологически не разлагаемые и (или) токсичные органические загрязнения (химическое окисление, флокуляция и осаждение (флотация) при наличии высоких концентраций смол, экстракция

органическими растворителями с последующей отгонкой, адсорбция на активных, химический гидролиз, ультрафильтрация с извлечением сложных органических и органо- минеральных компонентов сточных вод);

6. Очистка сточных вод, содержащих тяжёлые металлы (реагентное осаждение с одновременной нейтрализацией, выделение в форме нерастворимых соединений методом кристаллизации, биологическое восстановление металлов из анионов, глубокое удаление нерастворимых соединений и ионов тяжёлых металлов после реагентной обработки с помощью нано фильтрации или обратного осмоса);
7. Очистка сточных вод от сульфидов (каталитическое окисление; биохимическое окисление в биофильтрах);
8. Очистка сточных вод от неорганических солей (общей минерализации): осаждение реагентами сульфатов, кальция, магния; биологическая сульфатредукция; выделение неорганических солей с помощью обратного осмоса и электродиализа;
9. Сокращение массы осадка, образующегося на очистных сооружениях (механическое обезвоживание в центрифугах, на ленточных и камерных фильтр-прессах, шнековых прессах, дегидраторах; обезвоживание в геоконтейнерах (геотубах);
10. Обработка осадков и отходов водоподготовки станций промышленного водоснабжения (сгущение и обезвоживание осадков водоподготовки; концентрирование промывных вод ионитовых фильтров обессоливания или умягчения воды методом обратного осмоса) (Найденко, 2008).

Вторым справочником НДТ, предложения которого могут быть использованы при совершенствовании технологических систем экологической безопасности, очистки и утилизации отходов гальванического производства, является ИТС 22-2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» (дата введения - 2017-07-01).

В данном справочнике рассматривается выбросы вредных веществ в атмосферный воздух на предприятиях машиностроительного комплекса, одним из основных источников загрязнения при этом рассматривается гальваническое производство. В выбросах гальванических цехов загрязняющие вещества содержатся в виде пыли, тонкодисперсного тумана, паров и газов. Наиболее интенсивно вредные вещества выделяются в процессах кислотного и щелочного травления, также опасные соединения образуются при нанесении гальванических покрытий: при фосфатировании изделий выделяются гидрофторид,

гидрохлорид, серная кислота, гидроцианид, трехвалентные соединения хрома, диоксид азота, гидроксид натрия и др. При проведении подготовительных операций в гальванических цехах (механическая очистка и обезжиривание поверхностей) выделяются взвешенные вещества, пары бензина, керосина, трихлорэтилена, туманы щелочей (Королева, 2011).

Выделим специальные НДТ, предлагаемые в справочнике ИТС 22-2016, направленные на очистку выбросов в атмосферный воздух от основных загрязняющих веществ, позволяющих оптимизировать процессы очистки выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от основных загрязняющих веществ гальванического производства посредством проведения первичных мероприятий, направленных на предотвращение образования загрязняющих веществ в выбросах, а также вторичных мероприятий:

1. Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух твердых частиц и взвешенных веществ (для гальванического производства – применением тканевых или электрофильтров для удаления мелких и крупных частиц соответственно);
2. Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух серы и ее соединений (использование мокрого скруббера, применение предварительной десульфуризации и .д.)
3. Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух азота и его соединений (химическое восстановление оксидов азота за счет субстехиометрического сгорания, применение селективного каталитического и некаталитического восстановления);
4. Сокращение и предотвращение образования выбросов в атмосферный воздух летучих органических соединений (оптимизация условий эксплуатации и технического обслуживания оборудования, использование материалов и процессов с низким содержанием органических растворителей, применение технологий, основанных на разрушении летучих органических соединений или их восстановление для вторичного использования) (ИТС 22-2016).

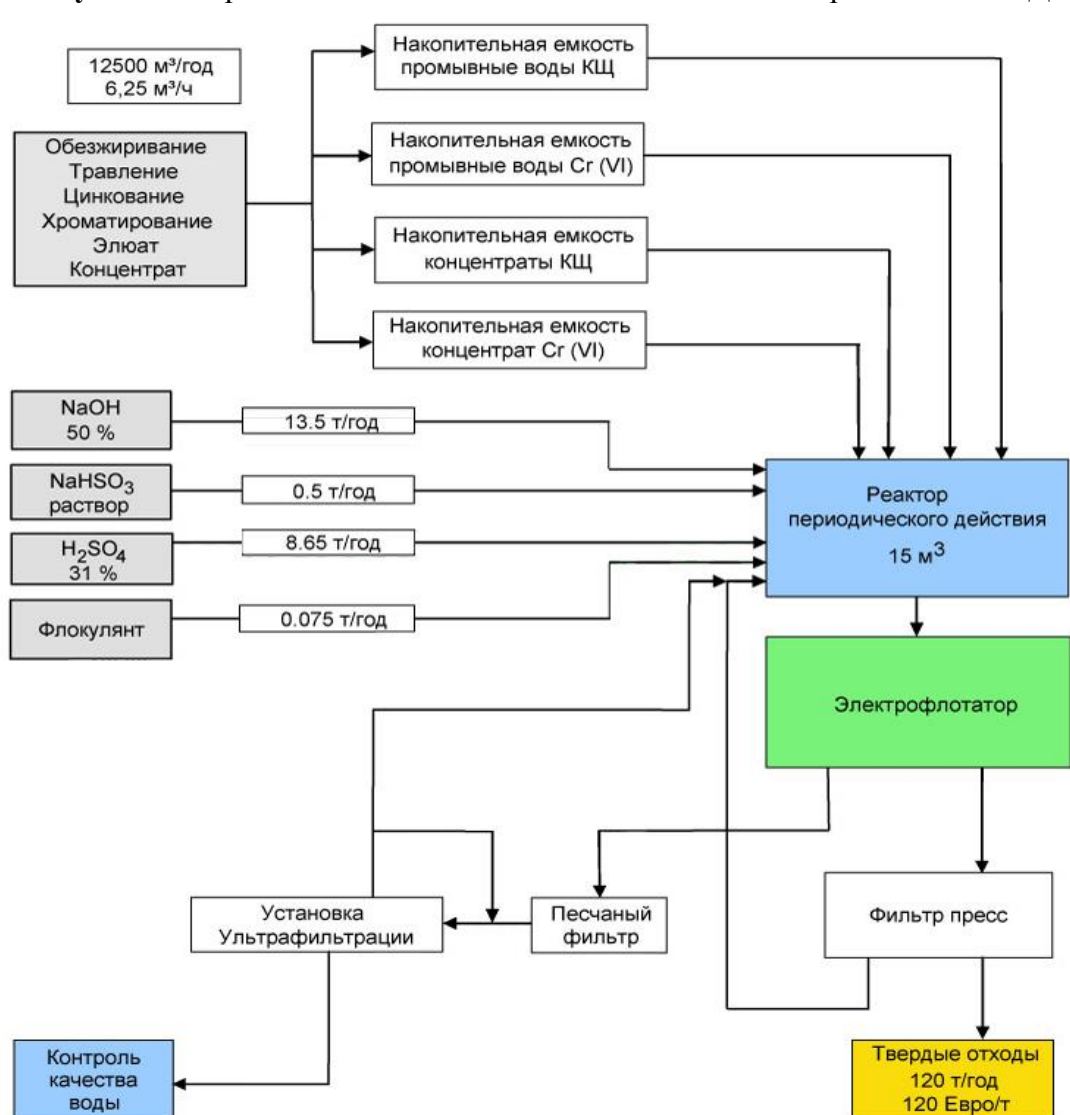
Обобщая рассмотренные выше НДТ по совершенствованию процессов очистки и утилизации отходов и гальванических стоков, можно выделить основные направления модернизации технических систем экологической безопасности, предлагаемые в Справочниках:

- разработка и установка систем локальной обработки промывных вод;

- разработка и установка систем очистки гальванических стоков с использованием методов образования отходов, пригодных либо для утилизации, либо для вторичного использования с выделением из них ценных компонентов;
- использование методов и средств переработки не регенерируемых отработанных технологических гальванических растворов с выделением ценных веществ;
- употребление средств и методов переработки твердых отходов- гальваношламов, образующихся в процессах гальванообработки и очистки стоков в виде, пригодном для утилизации, и/или образованием нетоксичных продуктов, пригодных для захоронения;
- внедрение методов и средств контроля режимов обработки отходов, а также контроля за предельно допустимыми величинами сбросов и выбросов.

Упрощенная схема универсальной очистки сточных вод гальванического производства на российских предприятиях с применением наилучших доступных технологий представлена на Рисунке 3.

Рисунок 3. Упрощенная схема очистки гальваностоков с применением НДТ



Источник: Королева, 2011.

По результатам анализа основных технологий очистки гальванических стоков и выбросов, а также утилизации отходов гальванического производства, идентифицируемых как НДТ, можно сделать вывод, что предлагаемые методы совершенствования технических систем экологической безопасности гальванических производств позволят минимизировать негативное воздействие на состояние окружающей среды, наносимый вред здоровью человека и равновесию городских экосистем и нагрузку на городские очистные сооружения и водные объекты. Данный эффект будет обеспечиваться за счет понижения до уровня доступных значений концентраций наиболее опасных химических элементов и загрязняющих веществ как за счет их извлечения и безопасной утилизации, так и за счет повышения качества очистки с последующим возвращением водных ресурсов в производственные процессы.

Одновременное и комплексное применение в производственном цикле гальванического цеха НДТ для непосредственно производственных процессов и НДТ очистки гальваностоков и утилизации отходов способствует значительному повышению экологической безопасности осуществляемого гальванического производства и достижению уровня показателей концентрации загрязняющих веществ, безопасного для окружающей среды. В то же время, при наличии значительного разнообразия предлагаемых НДТ производственных процессов и очистки сточных вод гальванического производства, позволяющих решать экологические проблемы предприятий, необходимо индивидуальное рассмотрение и выбор комплекса наиболее эффективных технологий для каждого производства, при этом критерии «экология», «технология» и «экономика» должны рассматриваться в совокупности в силу их взаимосвязанности.

1.2. Зарубежный опыт разработки и внедрения наилучших доступных технологий в гальваническом производстве на примере BREF BAT государств-членов Европейского Союза

Система экологического законодательства, принятая в странах Европейского Союза, является законодательной системой прямого действия, не нуждающейся в дополнительном толковании нормативно-правовыми актами и охватывающей практически все основные вопросы охраны окружающей среды и природопользования. Для стран ЕС законодательно установлен ряд экологических норм, исполнение которых является обязательным для всех субъектов, осуществляющих на его территории производственную деятельность с высоким потенциалом загрязнения окружающей среды и нанесения вреда здоровью населения. Для предприятий, относящихся к категории потенциально опасных для состояния окружающей среды, устанавливается определенная

процедура получения экологических разрешений на право осуществления экономической деятельности, сопровождающаяся обязательным исполнением определенных условий его выдачи. Эта процедура обеспечивает возможность государственным контролирующим органам разрабатывать и проводить мероприятия по сокращению выбросов, сбросов и образования отходов на конкретной территории в результате внедрения установленных нормативов, регламентов и стандартов. (Королева, 2011).

В качестве одной из базовых составляющих экологического регулирования в ЕС выступает интегрированная система предотвращения и контроля за негативным воздействием на окружающую среду, в качестве основы которой выступает Директива 96/61/ЕС «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (Директива IPPC), рассматривающая взаимосвязь промышленных объектов и их влияние на состояние окружающей среды.

В общем виде комплексное экологическое разрешение в ЕС представляет письменную форму разрешения на эксплуатацию объекта на основании соответствия установленных законодательством условий, охватывающих все возможные виды его воздействия на состояние окружающей среды, которые рассматриваются как существенные с позиции выдающего разрешение уполномоченного органа (Директива 96/61/ЕС).

В качестве базового критерия для оценки воздействия на окружающую среду и получения комплексного экологического разрешения в различных отраслях экономики ЕС выступают НДТ (BAT –Best available techniques). Директива IPPC определяет BAT как «технологии и организационные мероприятия, направленные на предотвращение и/или минимизацию общей нагрузки химических загрязнений промышленного происхождения на окружающую среду при приемлемых на это затратах».

Идентификация НДТ (BAT) в странах ЕС осуществляется с учетом условия, что рассматриваемые технологии и процессы уже прошли промышленную эксплуатацию и их природоохранная эффективность подтверждена заключениями независимых экспертов, а планируемый переход не будет снижать экономическую эффективность деятельности предприятий.

Основополагающие критерии идентификации НДТ (BAT) в ЕС были сформулированы в рамках Директивы 2010/75/ЕС о промышленных эмиссиях:

- «использование малоотходной технологии, следствием чего является сокращение отходов в источнике образования;

- использование веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды кроме веществ, образующих в окружающей среде более токсичные соединения;
- возможность регенерации и повторного использования вещества и материалов, применяемых в производственном процессе;
- предыдущее успешное использование в промышленном масштабе сопоставимых процессов, установок, методов управления;
- доступность сведений об НДТ для всех государств– членов ЕС, за счет чего обеспечивается снижение проблемы проведения сравнительного анализа для каждой из стран – участниц проекта;
- технологические преимущества и повышение уровня научных знаний;
- природа, характер воздействия и удельные значения масс выбросов, сбросов и отходов, являющихся результатами производственной деятельности, а также характеристики электромагнитного, шумового загрязнения и пр.;
- срок ввода в эксплуатацию для новых и уже существующих установок;
- сроки внедрения НДТ;
- потребление и характер используемых ресурсов;
- энергоэффективность;
- оценка суммарного воздействия выбросов/сбросов на окружающую среду и связанных с этим риски;
- вероятность аварий и связанные с этим риски (Директива 2010/75/ЕС).

В качестве экономического критерия выступает учет финансовых возможностей субъектов, осуществляющих ту или иную производственную деятельность по приобретению, внедрению и использованию ВАТ с выполнением оценки перспективных затрат и выгод от используемой технологии: «превышают ли экологические выгоды экономические затраты» (Бегак, 2011).

Реализация политики в области НДТ в границах ЕС осуществляется Европейским бюро по комплексному предупреждению и контролю загрязнений (EIPPCB), в рамках которого функционируют главный информационный ресурс НДТ – Форум по обмену информацией, а также 33 специализированные отраслевые технические рабочие группы, каждая из которых осуществляет подготовку и актуализацию справочников НДТ для определенных отраслей промышленности.

Европейские справочники НДТ (BREFs от англ. Best available techniques reference document–справочные документы о наилучших доступных технологиях) – это документы

с поэтапным описанием алгоритмов разработки и внедрения НДТ для каждой отрасли промышленности, перечисленной в Приложении 4 «Виды производственной деятельности» Директивы IPPC. Справочники BAT включают как экологическое, так и технологическое нормирования и являются базовым документом в схеме идентификации технологий предприятия к категории НДТ. Все справочники НДТ (BREFs) можно условно разделить на две категории:

1. вертикальные справочники BAT – справочники, предполагающие использование НДТ в одной или нескольких отраслях промышленности;
2. горизонтальные справочники BAT – справочники универсального характера, применимые в большинстве отраслей промышленного производства (Мезенцева, 2015).

На современном этапе в ЕС разработаны и внедрены 33 справочника НДТ, причем 26 из них являются вертикальными и 7 – горизонтальными (Таблица 2).

Таблица 2. «Горизонтальные» и «вертикальные» справочники НДТ в ЕС

Наименование справочника	Целлюлозно-бумажная промышленность	Текстильная промышленность	Обработка поверхностей органическими растворителями	Крупные сжигательные установки	Производство цемента, извести и оксида магния	Производство керамических изделий	Стекольная промышленность	Производство чугуна и стали, черных металлов	Производство цветных металлов	Кузнечное и литейное производство	Обработка поверхностей металлов и пластмасс	Нефте- и газоперерабатывающие предприятия	Крупнотоннажное производство органических химикатов	Производство продуктов тонкого органического синтеза	Производство полимеров	Крупнотоннажное производство неорганических химикатов	Крупнотоннажное производство твердых и др. неорганических веществ – аммиака, кислот и удобрений	Производство специальных неорганических химикатов	Хлор щелочное производство	Сжигание и обработка отходов	Интенсивное выращивание домашней птицы и свиней	Скотобойни и побочные продукты животноводства	Производство продуктов питания, напитков и молока
Промышленные системы охлаждения	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Основные принципы мониторинга	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сокращение выбросов/сбросов при хранении	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Системы обработки/обращения со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности			+										+	+	+	+	+	+					

Комплексное воздействие НДТ на окружающую среду и экономическую эффективность	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Обращение с отходами и пустыми породами горно-рудной деятельности					+			+	+	+	+												
Эффективное использование энергии	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Составлено автором (Мезенцева, 2015).

В рамках осуществляемого исследования рассмотрим более детально один из вертикальных справочников ВАТ, описывающий полученные данные, основные рекомендуемые технологии как НДТ и связанные с ними уровни выбросов и потребления для производственных процессов обработки поверхности металлов и пластика (гальванизации) - Справочник НДТ «Обработка Поверхности Металлов и Пластиков» (BREF «Surface Treatment Of Metals and Plastics») или BREF STM.

Процессы обработки металлов и пластиков – гальваническое производство - не являются отдельной отраслью промышленности, но входят во многие отрасли производства: автомобилестроение, строительство, электротехническая промышленность, авиакосмическая промышленность, тяжелое машиностроение и т.д.. Гальваническое производство выполняет важную функцию в технологических процессах по увеличению срока службы металла и используется при изготовлении деталей и оборудования, направленных на повышение надежности и снижение объемов потребления других ресурсов (Гарднер, 2002).

Основной целью обработки металлов и пластика является изменение свойств их поверхностей: придание блеска и декоративных свойств, повышение уровня прочности и износо- и коррозионной стойкости, повышение адгезионных свойств перед процессом покраски или нанесения фоточувствительных покрытий (Михайлов, 2010).. Процесс гальванической обработки пластика способствует понижению его себестоимости и сохранению собственных полезных свойств (гибкости и диэлектрических показателей), в то время как поверхности в результате последующей обработки становится возможно придать свойства металла.

На современном этапе гальваническое производство является одним из видов производственной деятельности стран ЕС, выступающим в качестве значительного источника загрязнения окружающей среды. В качестве основных видов его воздействия

на окружающую среду макрорегиона выступают потребление энергии и воды, сырья, загрязнение почвы и водных ресурсов твердыми и жидкими отходами (Бегак, 2011)..

Главными источниками загрязнения водных ресурсов вследствие осуществляемых процессов гальванического производства являются металлы, используемые в виде растворимых солей. В зависимости от осуществляемого процесса, в сточных водах могут содержаться цианид-ионы и ПАВ, плохо подвергающиеся микробиологическому разрушению и обладающие кумулятивным эффектом, например, перфтороктансульфонат. Осуществление очистки сточных вод от цианидов с применением гипохлорит обуславливает образование абсорбируемых органических галогенов АОХ, а применение комплексообразователей (в том числе цианидов и ЭДТА) препятствуют извлечению металлов из гальваносточков. Содержание других ионов, например, хлоридов, сульфатов, фосфатов, нитратов и анионов, содержащих бор, оказывает негативное воздействие на окружающую среду на локальном уровне (Виноградов, 2001).

Необходимо отметить, что гальваническое производство не является крупнейшим источником выбросов в атмосферу европейских государств, однако выступает в качестве одного из важных источников поступления в окружающую среду региона NOX, HCl, HF и паров кислот в результате осуществляемых операций травления; паров шестивалентного хрома от ванн хромирования; аммиака при осуществлении процесса травления меди при производстве печатных плат и химического меднения.

Разработанный BREF STM базируется на Разделе 2.6 Приложения 1 Директивы ЕС IPPC 96/61/ЕС: «Оборудование для обработки поверхностей металлов и пластиков с использованием электрохимических и химических процессов, в которых объем обработки превышает 30 м³». Необходимо отметить, что данный справочник не включает в себя следующие процессы:

- Процессы закаливания (за исключением удаления водорода для устранения хрупкости),
- Физические методы обработки, например, парофазное осаждение металлов,
- Процессы горячего цинкования, травления железа и сталей: данная тематика обсуждается в BREF «Ferrous metals processing industry» (Справочник по НДТ по обработке черных металлов),
- Процессы обработки покрытий: данная тематика рассматривается в BREF «Surface treatment using solvents» (Справочник по НДТ по обработке поверхностей с использованием растворителей), несмотря на то, что процессы удаления масел растворителями рассматривается в данном справочнике как разновидность обезжиривания;

- Процессы электролитического окрашивания (окраска методом электроосаждения): данная тематика рассматривается в Справочнике по НДТ по обработке поверхностей с использованием растворителей (Королева, 2011).

Справочник BREF «Обработка поверхности металлов и пластика» основан на данных более чем 160 источников информации, в которых ключевой является информация о деятельности крупных и крупнейших промышленных производств государств-членов ЕС. Основной объем информации по концентрации выбросов и сбросов гальванического производства представлен для предприятий различных отраслей промышленности в различных регионах/странах ЕС. Основными потребителями водных ресурсов, в соответствии с BREFSTM, являются системы охлаждения и промывки; энергия (ископаемое топливо и электричество) используется в процессах нагревания и сушки; электричество – при проведении электрохимических процессов, работы насосов и производственного оборудования, обогрева и освещения рабочей зоны, а также в некоторых случаях для охлаждения. В наиболее значительных количествах при гальваническом производстве используются кислоты и щелочи, тогда как другие металлы, например, ПАВ, являются результатами собственного производства. Показатели использования сырья, в первую очередь металлов, значительны, но не глобальны (например, только 4 % никеля, реализованного в Европе, используется в гальваническом производстве).

Объемы сбросов гальванического производства стран ЕС составляют около 300 тыс. тонн сточных вод в год (средний показатель стандартного по масштабам деятельности европейского предприятия – 16 тонн/год), также можно отметить процессы образования шлама при очистке сточных вод и растворов и выбросы в атмосферу (носят преимущественно локальный характер) (Шестая программа действий ЕС).

В качестве целевых задач перехода на НДТ в процессах обработки металлов и пластиков в странах ЕС рассматриваются следующие:

- создание эффективной системы управления производством (включая предотвращение экологических катастрофы и минимизацию их последствий, особенно для почв, грунтовых вод),
- эффективное использование сырья, энергии и воды,
- замена вредных веществ на менее вредные,
- сокращение водо- и энергопотребления,
- очистка гальванических стоков;
- внедрение оборотного водоснабжения (BREF STM).

Предлагаемые в BREF STM методы, процессы и технологии предотвращения загрязнения и более эффективного контроля за воздействием гальванического производства на состояние окружающей среды можно разделить на 14 тематических разделов:

1. Меры по охране окружающей среды: внедрение систем контроля состояния окружающей среды, основное назначение которых состоит в минимизации воздействия гальванических производств и обеспечении дополнительной обработки гальванических сбросов и отходов с целью снижения их негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации технологических процессов.
2. Меры по эффективному проектированию предприятий, конструкций и процессов с целью недопущения аварийных выбросов, и как следствие - сокращение загрязнения почвы и поверхностных вод в процессе производства.
3. Методы защиты материалов перед обработкой поверхностей, снижающие количество операций обработки: инновационная обработка поверхностей деталей, уменьшающая использование химических элементов и их концентраций в гальванических растворах, недопущение перемешивания растворов, потерь тепла при анодировании и т.д.
4. Методы оптимизации потребления электроэнергии и водных ресурсов, используемых при процессах охлаждения и в системах отопления, а также методы контроля потерь тепла при осуществлении производственных процессов, в первую очередь – нагревании гальванических растворов.
5. Методы по снижению объемов сбросов на этапе промывки: так как в качестве основного источника загрязнений выступает процесс неконтролируемых сбросов растворов электролитов при перемещении обрабатываемых деталей, то обеспечение сохранения материалов в процессах и использование технологий каскадной промывки и ванн улавливания, является решающим для снижения потребления сырья и воды, а также количества сточных вод и твердых отходов гальванического производства.
6. Методы оптимизации использования сырья и недопущения перерасхода материалов и энергоресурсов.
7. Изъятие из технологических процессов гальванического производства растворимых анодов, использование которых обеспечивает повышенное накапливание в окружающей среде тяжелых металлов и рост потерь и сбросов, то есть повышение концентрации загрязняющих веществ в гальванических стоках.

8. Принципы использования в гальваническом производстве наименее опасных веществ из возможных и замещения опасных для окружающей среды и человека реагентов.
9. Методы извлечения примесей и растворенных металлов из гальванических растворов для обеспечения повышения качества получаемой продукции, экономии материалов и сырья, а также возможности отказа от дополнительной обработки.
10. Методы специальной обработки рулонной стали.
11. Методы специальной обработки при изготовлении печатных плат.
12. Методы сокращения объемов выбросов в атмосферу и локального мониторинга показателей концентрации загрязняющих веществ в воздухе.
13. Методы понижения уровня загрязнения сточных вод и потерь сырья за счет использования технологий дополнительной очистки от катионов металлов, анионов, жиров и нефтепродуктов.
14. Методы управление отходами, в том числе минимизация количества твердых отходов, контроль потерь и сброса растворов электролитов в результате внедрения процессов рециклинга (BREF STM).

Отдельно следует отметить, что описываемые в BREF BAT не определяют оптимальные значения ПДК, а направлены на оптимизацию процессов потребления и выбросов в результате осуществляемого гальванического производства.

Рассмотрим более подробно основные методы совершенствования гальванического производства, представленные в справочнике. Так, в качестве базового подхода снижения потерь сырья при осуществлении процессов гальванической обработки материалов и сокращения потребления водных ресурсов рассматривается контроль использования гальванических растворов, в том числе их стоков при операциях промывки. Оптимизация использования гальванических растворов предлагается за счет осуществления процессов обработки в ваннах и барабанах с применением технологии быстрого слив, предотвращающего превышение содержания растворов, а также использования экологических технологий промывки емкостей, в том числе каскадной противоточной промывки с возвращением промывных вод в технологические ванны. В качестве еще одной технологии усовершенствования стадии промывки предлагается изъятие ценных компонентов из ванн улавливания (BREF STM).

В качестве основных технологий разделения различных видов гальванических стоков, направленных на рециклинг и максимально эффективно использование полезных компонентов, рекомендуются химическая очистка, извлечение нефтепродуктов, отстаивание и/или фильтрация. Методика внедрения представленных выше технологий и

использование новых типов реагентов определяется результатами прогнозирования для каждого реагента и технологии возможного негативного воздействия и потенциальными недостатками при включении в производственные процессы (Бегак, 2011). Достигнутые значения для образцовых гальванических растворов (STM installations), используемых в БАТ, интерпретируются с помощью комментариев в Главах 3 и 4 BREF и руководства по основным принципам мониторинга.

При рассмотрении методики перехода на НДТ в гальваническом производстве стран ЕС можно разделить все предлагаемые НДТ на общие и специальные. Общие БАТ предполагают использование менее экологически опасных веществ и реагентов и замену их на альтернативные биологически разлагаемые вещества, следствием чего является повышение уровня очистки гальванических стоков (BREF STM). Так, для перфтороктан сульфонов предлагается технология сокращения их использования за счет контроля концентрации и минимизации процессов испарения за счет использования изоляционных материалов, также возможна полная замена данных реагентов в процессах анодирования в результате перехода к альтернативным технологиям использования шестивалентного хрома и щелочного бесцианидного цинкования.

Так как полный отказ от использования цианистых электролитов на всех стадиях гальванического производства на современном этапе невозможен, то предлагается технология замещения цианистого цинкования на кислое или щелочное цинкование, а цианистого меднения - на кислое или пиррофосфатное. Процессы, предполагающие применение шестивалентного хрома, предлагают НДТ по снижению выбросов в атмосферу в результате замены состава растворов и достижения максимально возможного замкнутого цикла процессов хромирования. Также предлагаются технологии по замене ряда экологически-опасных реагентов гальванических растворов на растворы, не содержащие шестивалентный хром (наиболее характерно для процессов фосфор хромирования). (Бюро официальных публикаций ЕС).

В качестве технологий совершенствования процессов обезжиривания и сокращения количественных показателей используемые смазки и масла предлагаются НДТ замены обезжиривающих растворителей альтернативными технологиями, обычно водно-основными, за исключением случаев, при которых данные технологии могут повредить обрабатываемой поверхности. В качестве НДТ при использовании водных растворов на стадии обезжиривания предлагаются технологии по снижению концентрации применяемых химических компонентов и уменьшению затрат энергии в результате применения систем с большим объемом и показателями регенерацией рабочих растворов, а также НДТ увеличения сроков использования растворов при условии сохранения

надлежащего уровня качества. Технологиями модернизации процессов травления предлагаются НДТ повышения сроков службы кислот за счет использования различных методов, в том числе – электролиз (BREF STM)

Помимо общих BAT в странах ЕС получили широкое распространение и применение специальные НДТ. Примером специальных НДТ в гальванических производствах являются новые технологии в процессах анодирования, направленные на рекуперацию тепла в закрытых гальванических ваннах и рекуперацию щелочи при процессах щелочного травления. В то же время технология создания замкнутого цикла использования промывных вод с применением деионизированной воды не рассматривается в качестве НДТ вследствие значительного негативного эффекта при осуществлении процесса регенерации. Еще одной разновидностью специальных НДТ гальванического производства являются инновационные технологии минимизации негативного воздействия на окружающей среды (BREF STM): интегрирование процессов обработки поверхностей, использование электролитов на основе трехвалентного хрома для твердого хромирования с применением модифицированного замещение шестивалентного хрома в процессах пассивации. Можно отметить, что внедрение предлагаемых в документах НДТ методов способствует росту стоимости оборудования и, как следствие повышению уровня затрат, однако они окупаются за счет сокращения мощности, снижению количественных показателей применения реагентов и т.д.

Предлагаемые в BREFSTM технологии и методы основаны на прогнозной информации о выбросах и потреблении сырья, материалов и воды, представленной преимущественно для групп технологий, чем для каждой определенной предлагаемой НДТ. Следствием этого является отсутствие окончательных решений и специальных заключений по ряду специальных технологий, не выступающих в качестве основных, но возможно полезных и эффективных для предприятий гальванических производств и/или контролирующих органов. Следовательно, достижение главной цели создания рассматриваемого в данном разделе BREF - достижение интегрированного предотвращения и контроля загрязнения в процессах гальванической обработки поверхности металлов и пластиков – возможно только при согласованной работе всех участников процесса разработки и внедрения НДТ и комплексном обмене информации и результатах фактической реализации всех рассматриваемых и предлагаемых технологий.

На основании анализа BREFBAT, регламентирующих процессы разработки и внедрения наилучших доступных технологий гальванических процессов в странах ЕС, а также обзора предлагаемых методов и подходов, можно заключить, что предлагаемое регулирование воздействия гальванического производства на состояние окружающей

среды, осуществляемое с использованием подхода НДТ, представляет компромиссный вариант, заключающийся в выделении основных загрязняющих веществ и разработке методов и подходов по поэтапному снижению их эмиссий до технологически возможных и экономически доступных уровней.

Рассматриваемые выше методы и технологии совершенствования гальванического процесса, предлагаемые в рамках BREFSTM, являются частью единой системы рекомендаций по комплексной модернизации системы промышленного производства европейских стран и переходу к единому применению базовых элементов и подходов, связанных с системой выдачи комплексного экологического разрешения с применением НДТ. Результатом данного перехода является выработка единой позиции для проведения оценки и максимальной гармонизации национального законодательства, учитывающего практики и подходы всех государств-членов ЕС (Бегак, 2011). Таким образом, BAT выступают в качестве важного аспекта национального и наднационального регулирования в экологической сфере ЕС, характеризуемого наличием законодательной и нормативной базы, дифференцированной организационной структуры на уровне как ЕС в целом, так и национальных экономик в частности, а также поддержкой со стороны промышленности большинства государств-членов ЕС. Следовательно, использование европейского опыта перехода гальванического производства к применению НДТ может быть рекомендовано при разработке методики аналогичного перехода к НДТ в гальваническом производстве в Российской Федерации. Однако при этом обязательно необходимо учитывать специфику российского гальванического производства, уровень развития технологий данной отрасли промышленности и особенности производственных процессов на современном этапе, а также нормы и требования российского законодательства.

По результатам осуществленного в данной главе анализа наилучших доступных технологий в гальваническом производстве Российской Федерации, можно заключить, что практика внедрения НДТ в России показывает, что для обеспечения наиболее эффективного перехода к применению НДТ и повсеместного улучшения экологической обстановки следует рассматривать как целесообразное адаптацию положительного опыта ЕС с учетом экономической, технологической и социальной специфики России в целом и российского машиностроительного сектора в частности. При внедрении НДТ на современном гальваническом производстве, определяемом как одно из наиболее экологически опасное, необходимо комплексное применение как вертикальных (отраслевых) НДТ, способствующих совершенствованию производственного процесса, так и горизонтальных, обеспечивающих повышение эффективности систем очистки выбросов и сбросов и переработки отходов.

Глава 2. Характеристика производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» как площадки для внедрения наилучших доступных технологий с целью обеспечения экологической безопасности производства

2.1 Методологические основы перехода на наилучшие доступные технологии цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Проводимая на современном этапе развития Российской Федерации модернизация в области экологической деятельности, законодательства и регулирования обеспечивает приоритет экономических регуляторов государственной экологической политики, нацеленных на обеспечение роста социальной экологической ответственности и экономическое стимулирование хозяйствующих субъектов в вопросах обеспечения экологической безопасности в рамках их деятельности. Одним из актуальных аспектов, направленных на решение проблемы экологической безопасности промышленного производства, являющейся одной из стратегических целей устойчивого развития государства, выступает переход российской промышленности на применение НДТ (Стратегия национальной безопасности).

Процесс перехода российских промышленных предприятий к НДТ осуществляется в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2014 №398-р, на основании которого был утвержден комплекс мер, направленных на отказ от применения устаревших и неэффективных технологий и переход на внедрение принципов НДТ. Данный документ объединяет подходы, мероприятия различных министерств и ведомств по обеспечению перехода объектов промышленности на систему НДТ. Поэтапный график создания справочников по НДТ в 2015–2017 гг. был утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 ноября 2014 г. № 2178-р. Всего за указанный период времени планируется разработка и утверждение 55 профильных справочников по НДТ.

Достижение целевых плановых показателей внедрения НДТ в производственном секторе российской экономики невозможно без комплексного и эффективного перехода к применению НДТ крупных и крупнейших предприятий, выступающих в качестве основных источников выбросов и сбросов загрязняющих веществ и отходов производства в окружающую среду и являющихся градообразующими предприятиями в своих городах. Под эффективным переходом конкретного промышленного предприятия к НДТ следует понимать внедрение определенного комплекса технологий из категории НДТ соответствующего Справочника, осуществляемое по методологии, предполагающей достижение наиболее высоких экономических показателей при условии обеспечения

экологических показателей на уровне ПДК (Распоряжение №2178-р). Соответственно, разработка данной методологии должна осуществляться с учетом специфики экономических, технологических и экологических показателей, характеризующих современную стадию развития и функционирования каждого конкретного предприятия, и технологические и экологические особенности каждой конкретной отрасли промышленного производства, выступающей в качестве отрасли специализации данного хозяйствующего субъекта.

Одним из предприятий, относимых к категории наиболее опасных для окружающей среды и представляющих территорию с высокой степенью загрязнения (первая группа предприятий в зависимости от степени их влияния на состояние окружающей среды в соответствии с классификацией Министерства природных ресурсов и экологии РФ), выступает ОАО «Балтийский завод» - одна из ведущих судостроительных верфей России, основанная в 1856 году и по настоящий год являющаяся лидером на рынке национальной судостроительной отрасли. За более чем 150 лет существования завода было построено более 500 военных кораблей, подводных лодок и гражданских судов.

Современный уровень развития ОАО «Балтийский завод» может быть охарактеризован наличием мощного конструкторского, производственного и экономического потенциала, следствием чего является выполнением заводом заказов по строительству современных военных и гражданских кораблей и изготовлению продукции судового машиностроения, отвечающих международным стандартам.

Главным юридическим лицом рассматриваемого в данной работе предприятия выступает ООО «Балтийский завод – Судостроение», представляющее дочернюю структуру государственной Объединенной судостроительной корпорации, сформированной по распоряжению Правительства РФ (Оф.Сайт ОСК).

В качестве приоритетного направления деятельности ОАО «Балтийский завод» выступает гражданское судостроение, однако предприятие обладает всеми необходимыми лицензиями для атомного и военного судостроения. На сегодняшний день завод специализируется на производстве надводных кораблей 1 ранга, судов ледового класса (ледоколов, многофункциональных судов-снабженцев, судов технического обеспечения работ на шельфе) с атомными и дизель-электрическими силовыми установками, атомных плавучих энергоблоков, плавучих опреснительных комплексов (Оф.сайт ОАО Балтийский завод).

В настоящее время производственные мощности ОАО «Балтийский завод» полностью загружены – на предприятии успешно реализуется ряд контрактов для отечественных и зарубежных заказчиков. Завод представляет современное

высокотехнологичное многопрофильное предприятие, оснащенное оборудованием ведущих мировых машино- и станкостроительных производителей и нацеленное на применение передовых технологий производства с целью повышения своей экономической эффективности и качества производимой продукции.

Производственный профиль ОАО «Балтийский завод» включает в себя следующие направления деятельности:

- Корпусообработывающее производство;
- Сборочно-сварочное производство;
- Корпусостроительное производство;
- Судомонтажное производство;
- Достроечное производство;
- Гальваническое производство;
- Трубомедницкое производство;
- Производство защитно-изоляционных изделий;
- Деревообрабатывающее производство (Оф.сайт ОАО Балтийский завод).

Современный период развития ОАО «Балтийский завод» характеризуется следующими приоритетами: приоритет долгосрочных целей, культура непрерывных отношений и отсутствия потерь, сокращение сроков строительства, сокращение издержек, развитие компетенций, модернизация производства повышение уровня квалификации персонала.

Ожидаемым результатом проводимой заводом политики в области производственной системы ОАО «Балтийский завод» является рост итоговой экономической эффективности и обеспечение устойчивого развития предприятия на средне- и долгосрочную перспективу. Одним из аспектов повышения экономической эффективности деятельности предприятия следует рассматривать оптимизацию потребления ресурсов (в том числе водных) и совершенствование процессов, направленных на обеспечение экологической безопасности (в первую очередь – технологических систем обеспечения экологической безопасности), за счет чего предполагается сокращение производственных расходов (в том числе – и сокращение издержек) и конечной себестоимости готовой продукции с одновременным повышением её качества и конкурентоспособности на рынке (Оф.сайт ОАО Балтийский завод).

В связи со значительными объемами выбросов и сбросов опасных и особо опасных загрязняющих веществ в окружающую среду обеспечение экологической безопасности производства ОАО «Балтийский завод» следует рассматривать как одну из базовых статей экономических расходов. Традиционная модель формирования экономических затрат на

обеспечение экологизации деятельности и снижение загрязнения окружающей среды предприятием включает в себя две категории затрат:

1. расходы, связанные с поддержанием технологических регламентов основного производства;
2. расходы на разработку проектов, приобретение и внедрение технологий и оборудования, предназначенного для очистки выбросов в атмосферу, сбросов в водную среду и утилизации отходов (Бобылев, 2000).

Данная модель обеспечения экологической безопасности предполагает включение экологических направлений деятельности в категорию непроизводственных затрат, что обуславливает снижение экономических показателей деятельности предприятия как следствие реализации комплекса мер по обеспечению экологической безопасности производства. Таким образом, в условиях рыночной экономики обеспечение экологической безопасности производства при реализации классической модели является экономически-невыгодным и даже убыточным, на основании чего можно сделать вывод о малой заинтересованной субъектов бизнеса в реализации экологического направления в рамках своей деятельности.

Одним из основных приоритетов развития ОАО «Балтийский завод» на средне- и долгосрочную перспективы является комплексное сокращение издержек и переход на концепцию бережливого потребления – проведение мероприятий по сокращению временных процессов, производственных затрат, в том числе затрат сырья и воды, повышению качества выпускаемой продукции без привлечения дополнительных инвестиций (Оф.сайт ОАО «Балтийский завод»).

Таким образом, на современном этапе становится актуальным новый подход к обеспечению экологической безопасности, стимулирующий добровольное принятие субъектами бизнеса международных экологических стандартов и принципов экологической ответственности, формирующий экологическую и экономическую мотивацию хозяйствующих субъектов к обеспечению экологической безопасности своей деятельности. В качестве оптимальной модели, соответствующей данным параметрам, выступают рассматриваемые в данной работе принципы перехода на НДТ, получившие признание и распространение как на международном уровне, так и в на уровне Российской Федерации.

Значительная часть производств и технологических процессов ОАО «Балтийский завод» относится к областям применения НДТ (в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. № 2674-р), на основании чего можно утверждать, что одной из стратегических задач развития ОАО «Балтийский завод» является разработка

и реализация наиболее эффективной модели перехода к применению НДТ на всех производственных мощностях завода.

Осуществление перехода ОАО «Балтийский завод» к НДТ предполагает реализацию комплексного подхода, направленного на всестороннее предотвращение и контроль интегрального воздействия предприятия на окружающую среду. Главным следствием перехода завода к НДТ станет принятие комплексных мер защиты от загрязнений атмосферы, водной среды и почвы в контексте существующей производственной деятельности завода, а предельные значения и параметры выбросов, сбросов, образования отходов и соответствующие им меры технического характера должны регламентироваться за счет НДТ. Так как одним из основных принципов перехода на НДТ является перенос центра тяжести экологической деятельности от следствий в виде загрязнения окружающей среды, к их причине, т.е. к технологическим процессам – источникам негативных воздействий, то реализация данного подхода может рассматриваться как один из факторов повышения экономической эффективности за счет сокращения внутренних издержек и потерь ОАО «Балтийский завод» и стимулирующей поддержки со стороны государства.

Значительная часть направлений производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» может быть классифицирована как опасные или потенциально опасные, являющиеся источниками и значительных по объемам и опасным по уровню токсичности и воздействия на состояние природных систем выбросов и сбросов загрязняющих веществ. В качестве одного из вышеупомянутых направлений выступает гальваническое производство, осуществляемое Гальваническим цехом ОАО «Балтийский завод» (цех №11).

Современные методы повышения производительности гальванического производства цеха №11, направленные на обеспечение снижения себестоимости и достижения требуемого качества продукции, обуславливают повышенную нагрузку на очистные сооружения и, как следствие, снижение эффективности их работы. Отсутствие универсального, удовлетворяющего всем требованиям очистного оборудования, приводит к росту платы за загрязнение окружающей среды и, в конечном итоге, к повышению себестоимости готовой продукции. Также расширение гальванического производства, являющееся результатом развития завода в целом, приводит к еще большим объемам образования отходов производства и сбросов загрязняющих веществ, а также росту потребления природных ресурсов. В качестве инструмента повышения экономической эффективности осуществляемой производственной деятельности цеха, в том числе за счет снижения расходов на экологические мероприятия, водо- и ресурсосбережение,

рассматривается переход на НДТ, осуществляемый в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2014 №398-р.

Предложения по обеспечению экологической безопасности гальванического производства ОАО «Балтийский завод» можно разделить на два направления:

1. технологии по совершенствованию непосредственно гальванического производства, направленные на обеспечение технологически возможного и экономического обусловленного экологически чистого производства с минимальными выбросами и сбросами в окружающую среду;
2. технологии эффективных методов очистки сточных вод и уменьшения количества гальванических стоков за счет рациональной организации промывных операций.

В качестве дополнительного фактора, способствующего более эффективной и комплексной реализации принципов НДТ в промышленном и, в том числе, гальваническом, производстве ОАО «Балтийский завод» в максимально возможные на современном этапе сроки (7 лет), можно рассматривать наличие у предприятия сертификации по универсальной системе менеджмента качества, отвечающей требованиям ISO 9001:2014, и системе экологического менеджмента, соответствующей требованиям международного стандарта ISO 14000 (выдан Ассоциацией по сертификации «Русский Регистр»).

Утвержденная экологическая политика ОАО «Балтийский завод» определяет в качестве стратегических целей развития предприятия и отдельных его структурных подразделений, к которым относится и цех №11, соблюдение обязательств по охране окружающей среды, улучшению ее состояния и предотвращению загрязнения. В качестве основных инструментов реализации данной цели в рамках деятельности цеха гальванических покрытий завода рассматриваются технологии сокращения потребления свежей воды, сырья и энергии с последующим улучшением качества производственной среды (Годовой отчет, 2015). Следовательно, процесс внедрения и постоянной модернизации системы экологического менеджмента ОАО «Балтийский завод» следует рассматривать как благоприятный фактор перехода на НДТ и, как следствие, повышения энергоэффективности, снижения ресурсоемкости, импортозамещения и повышения конкурентоспособности готовой продукции и, в перспективе, формирования благоприятных условий для получения заводом комплексного экологического разрешения (далее – КЭР) на негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, современный этап развития российской промышленности может быть определен как переходный, характеризуемый приоритетом обеспечения экологической безопасности производственных процессов за счет внедрения систем

экологического менеджмента и оценки экологической нагрузки в результате деятельности предприятия не на основании качественных параметров и динамики показателей загрязнения окружающей среды, а на основа анализа их причины – технологических процессов (Донченко, 2016). Оптимальной моделью, отвечающей вышеназванным параметрам, является модель перехода на НДТ, результат которой - повышение показателей экономической эффективности и как следствие – рост заинтересованности субъектов бизнеса в реализации экологического направления в рамках своей деятельности.

Так как на настоящий момент процесс перехода на НДТ в российской промышленности находится на начальной стадии реализации, характеризуемой отсутствием разработанных методик внедрения для предприятий каждой конкретной отрасли, то актуальным вопросом является разработка алгоритмов выборки наиболее эффективных технологий для определенного предприятия. Методика выбора НДТ для конкретного промышленного объекта должна учитывать как характерные особенности соответствующего технологического процесса, реализуемого предприятием, так и специфику производственной деятельности, экономического состояния и современный уровень воздействия предприятия на окружающую среду (Бегак, 2009) Результатом является предложение наиболее эффективного с экономической и экологической позиций комплекса НДТ для последующего внедрения в современные производственные процессы данного предприятия.

На основании проведенного автором анализа принципов и задач стратегического развития и основных целей экологической политики рассматриваемого в данном исследовании предприятия ОАО «Балтийский завод» был сделан вывод о возможности выбора его как площадки для пионерного внедрения НДТ с перспективой достижения поставленных руководством завода целевых показателей развития и повышения общей эффективности производства как на локальном уровне (гальваническое производство), так и на уровне всего предприятия как системы в целом. Автором рассматривается внедрение НДТ на уровне выбранного функционального подразделения завода – гальванического цеха – непосредственно в технологические процессы гальванического производства. Выбор наиболее эффективных НДТ для данного производственного подразделения предприятия основан на анализе современных показателей деятельности объекта исследования и моделирования экологических и экономических результатов внедрения НДТ, предлагаемых в методических материалах (Справочники НДТ) для соответствующей области применения.

2.2. Характеристика и технологические схемы основных производственных процессов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Цех №11 ОАО «Балтийский завод» представляет структурное подразделение многопрофильного предприятия, в качестве основного функционального назначения которого выступает нанесение механических и химических покрытий на материалы для придания им таких качественных характеристик как твердость и износостойкость, а также антикоррозионных, декоративных и защитно-декоративных свойств (Оф.сайт ОАО «Балтийский завод»). Цех осуществляет химические, электрохимические защитные и защитно-декоративные покрытия деталей, а также дробеструйную и химическую очистку труб и изделий специального и общего назначения, активно участвуя в строительных процессах заказов как надводного, так и подводного судостроения.

Общая площадь производственного корпуса цеха гальванических покрытий - 16 тыс. кв.м, площадь под очистными сооружениями цеха - 1940 кв.м.. Производственные мощности цеха при односменном режиме работы составляет 190 тыс. кв.м гальванических и химических покрытий (Техническая документация).

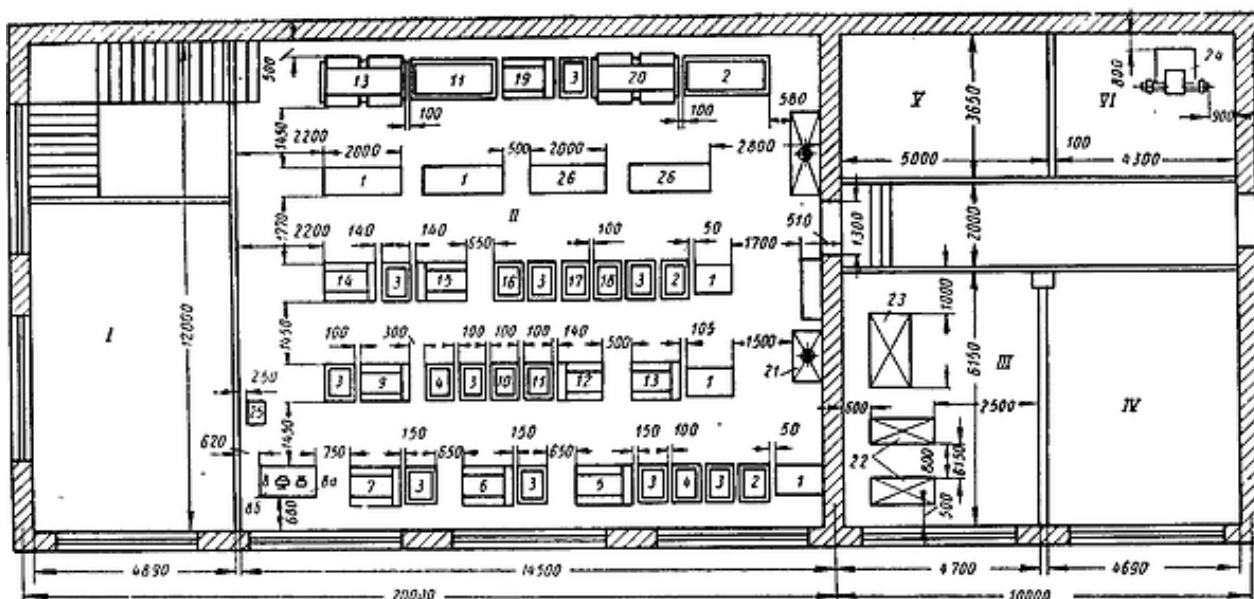
Производственная система цеха представлена 2 механизированными линиями (двухрядной линией обработки алюминия и линией химической очистки труб и электрохимической полировки) и 3 автооператорными линиями: цинкования крупногабаритных изделий, защитно-декоративного хромирования и барабанно-подвесной линией цинкования мелких деталей. Помимо этого в цехе представлены большая и малая дробеструйные камеры, окрасочное отделение, участок порошковых полимерных покрытий и вспомогательные участки. План гальванического цеха ОАО «Балтийский завод» представлен на Рисунке 4. (Техническая документация).

Использование описанного выше оборудования цеха обеспечивает необходимые условия для изготовления большой номенклатуры изделий как для нужд непосредственно ОАО «Балтийский завод», так и по заказам для сторонних организаций. Основными технологическими процессами цеха являются цинкование и хромирование.

Каждый технологический процесс гальванического нанесения металлических покрытий состоит из ряда последовательных операций, которые можно сгруппировать в три этапа:

1. Подготовительные работы, направленные на подготовку поверхности металла для нанесения гальванического покрытия. Данная стадия технологического процесса характеризуется осуществлением следующих процессов: шлифование, обезжиривание и травление. Данные процессы осуществляются в ваннах глубиной 3м и длиной 6м.

Рисунок 4. План цеха №11 Гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»



Подразделения и помещения цеха:

I-лаборатория. II-отделение покрытий. III-генераторное отделение. IV-помещение под приточную вентиляцию. V-помещение под вытяжную вентиляцию. VI-шлифовальное отделение.

Оборудование цеха:

1. Столы. 2. Ванны горячей промывки. 3. Ванны холодной промывки. 4. Ванны нейтрализации. 5, 6, 7 Ванны хромирования. Стол для колоколов. 8а- колокол для хромирования. 8б-колокол для цинкования. 9. Ванна травления. 10. Ванна декапирования. 11. Ванна теплой промывки. 12. Ванна электролитического обезжиривания. 13. Ванна химического обезжиривания. 14, 15. Ванна цинкования. 16. Ванна осветления цинковых покрытий. 17. Ванна с раствором хромовой кислоты. 18. Ванна осветления кадмиевых покрытий. 19. Ванна травления в азотной кислоте. 20. Ванны анодирования. 21. Сушильные шкафы. 22. Мотор-генераторы постоянного тока. 23. Сварочный агрегат. 24. Шлифовально-полировальный станок. 25. Ванна воронения. 26. Стеллажи.

Источник: Техническая документация ОАО «Балтийский завод»

2. Основной процесс (непосредственно гальванический процесс), состоящий в образовании соответствующего металлического покрытия с помощью гальванического метода.
3. Отделочные операции, осуществляемые для облагораживания и защиты гальванических покрытий: пассивирование, окраска, лакирование и полирование (Михайлов, 2010).

Технологии нанесения гальванических покрытий на производственных мощностях цеха №11 соответствуют судостроительным стандартам ГОСТ 9.304, ОСТ 5Р.9048, РД 5.9145, РД 5.9506, РД 5.9510, РД 5.95027, ОСТ 5.9173 (<http://www.korabel.ru>).

В рамках проводимого исследования рассмотрим специфику, основные характеристики и технологические схемы базовых направлений гальванических процессов, осуществляемых в цехе №11 ОАО «Балтийский завод».

Гальваническое цинкование (оцинковка) – «электролитический метод нанесения тонкого защитного слоя цинка на изделие, позволяющее получать покрытия толщиной 5–40 мкм» (Баранов, 2003). Гальванический процесс образования покрытия заключается в

осаждении на катоде (изделие, которое покрывают) положительно заряженных частиц (ионов) цинка из водных растворов его соединений (электролитов) при пропускании постоянного электрического тока через раствор.

Материал деталей – сталь Ст.3 ГОСТ 19.904 – 90 холоднокатаная, детали - с незначительной окислительной пленкой и наличием смазочных масел. Шероховатость поверхности соответствует ГОСТ 278–73 и равна Ra 10. Изготавливаемые детали классифицируются как изделия первой группы сложности (Техническая документация).

Используемые в процессе цинкования электролиты разделяются на две основные категории: простые кислые (сульфатные, хлоридные, борфтористоводородные), в которых цинк содержится в виде гидротированных ионов, и сложные комплексные, в которых цинк представлен комплексными ионами, заряженными отрицательно или положительно (цианидные, цинкатные, аммиакатные, пиррофосфатные и другие) (Виноградов, 1986). В производственном процессе цинкования цеха №11, применяются аммиакатные электролиты цинкования.

Температура электролитов поддерживается в пределах 18-25 °С. Осуществление электролиза с высокими плотностями тока ($>5 \cdot 10^2$ А/м²) в электролитах, не содержащих органические добавки, предполагает повышение температуры до 50 °С (Техническая документация).

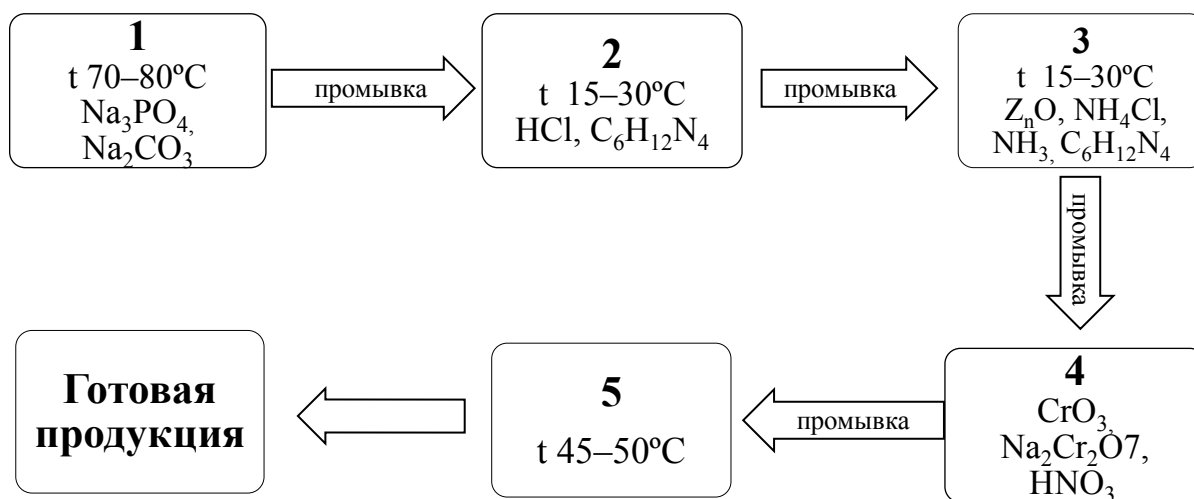
Технологический процесс гальванического цинкования включает следующие операции:

- Контроль поверхности подвергаемых гальванической обработке металлов, результатом которого является определение качества обработки поверхности изделия и отсутствие на нем дефектов, смазки, стружки, остатков эмульсии.
- Обезжиривание с погружением в раствор с целью удаления остатков смазки, маркировочной краски, эмульсии (продолжительность 3-6 минут, t 70–80°С). Результатом электрохимического обезжиривания является эмульгирование жиров выделяющимися пузырьками водорода (при катодном обезжиривании) или кислородом (при анодном обезжиривании) на поверхности обрабатываемых изделий. Раствор включает тринатрийфосфат и соду кальцинированную техническую.
- Травление в двухкаскадной ванне, осуществляемое с целью удаления оксидной плёнки, адсорбирующей анионы хромовой кислоты на стадии погружения изделия в электролит. Соляная кислота удаляет оксиды с поверхности металла преимущественно в результате процесса растворения. Процесс удаления оксидов

осуществляется в результате подтравливания непосредственно металла и механического удаления разрыхленного слоя оксидов выделяющимся водородом.

- Основная операция (непосредственно цинкование) с покрытием в растворе аммиакатного электролита цинкования в соответствии с требованиями, заложенными в нормативно-технической документации, $t 15-30^{\circ}\text{C}$, продолжительность 40-60 минут. Состав электролита: оксид цинка (75 г/л), хлорид аммония (250 г/л), аммиак (5 г/л), уротропин (60 г/л), клей столярный (3 г/л).
- Промывка и осветление в азотной кислоте с удалением окисных пленок, дополнительная промывка.
- Пассивирование для повышения химической стойкости цинковых покрытий и придания им декоративной внешности с нанесением дополнительного защитного слоя в растворе хромового ангидрида и натрия. Оцинкованные детали после промывки в холодной воде погружаются в раствор азотной кислоты, сульфата натрия и хромового ангидрида (процесс хромирования). Результатом взаимодействия хроматов с цинком является частичное растворение металла и восстановление Cr^{6+} до Cr^{3+} , в результате чего на поверхности деталей образуется пленка толщиной 0,5 мкм.
- Промывка и сушка гальванически оцинкованных изделий ($t 45-50^{\circ}\text{C}$).
- Контроль внешнего вида, толщины нанесенного слоя и прочности сцепления покрытия с основным металлом (Баранов, 2002).

Рисунок 5. Технологическая схема процесса цинкования



1. Обезжиривание
2. Травление
3. Цинкование

4. Пассивирование
5. Сушка

Составлено автором по результатам исследования

Основной областью применения цинковых покрытий является использование их для защиты от коррозии деталей машин и оборудования, водопроводных труб, питательных резервуаров, соприкасающихся с пресной водой при температуре не выше 60-70°C, а так же для защиты изделий из черного металла от бензина и масла и др.

В рамках исследования осуществим расчет основных показателей производственного процесса цинкования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Расчёт расхода анодов и материалов на первоначальный пуск осуществляется по формуле (Виноградов, 2005):

$$M_p = l \cdot b \cdot f \cdot d \cdot N \cdot n'$$

где M_p – расход растворимых анодов, кг; M_n – расход нерастворимых анодов, кг;

l – суммарная ширина анодов, которая не должна быть меньше 60%

длинных анодных штанг в ванне, м;

b – длина анода, м;

f – толщина анода, м;

N – количество ванн;

n' – количество анодных штанг;

d – плотность металла анода, кг/м³.

Обезжиривание для цинкования: $M_H = 1,34 \cdot 0,45 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 7880 \cdot 2 \cdot 1 = 38$ (кг)

Непосредственно цинкование: $M_p = 1,3 \cdot 0,45 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 7130 \cdot 2 \cdot 5 = 417,1$ (кг)

Количество химикатов для приготовления электролитов процессов цинкования рассчитывается по формуле (Виноградов, 2005):

$$M_x = \frac{c \cdot v \cdot N \cdot n}{1000}$$

где M_x – расход каждого компонента, кг;

c – содержание каждого компонента, г/л;

v – рабочий объём ванны, л;

N – количество ванн;

n – количество смен раствора электролита в год.

Расчёта для ванн цинкования:

$$M_{ZnO} = \frac{55 \cdot 614 \cdot 5 \cdot 1}{1000} = 168,9 \text{ (кг); } M_{NH_4Cl} = \frac{250 \cdot 614 \cdot 5 \cdot 1}{1000} = 767,5 \text{ (кг);}$$

$$M_{\text{Клей}} = \frac{3 \cdot 614 \cdot 5 \cdot 1}{1000} = 9,2 \text{ (кг)}; \quad M_{\text{Уротропин}} = \frac{60 \cdot 614 \cdot 5 \cdot 1}{1000} = 184,2 \text{ (кг)};$$

$$M_{\text{NH}_3} = \frac{2,5 \cdot 614 \cdot 5 \cdot 1}{1000} = 7,7 \text{ (кг)}$$

Расчет расхода растворимых анодов, необходимых для выполнения одного производственного цикла, осуществляется по следующей формуле (Виноградов, 2005):

$$M_a = S \cdot d \cdot \gamma + \Delta M_n + \Delta M_o,$$

где M_a – расход растворимых анодов, кг;

S – покрываемая поверхность с учётом брака, м^2 ;

D – толщина покрытия, м;

γ – удельный вес анодного материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ΔM_n – неизбежные потери анодного материала, кг;

ΔM_o – технологические отходы, кг.

Так как технологически неизбежные потери и отходы в соответствии с технологической документацией цеха №11 в сумме составляют 6% от полезного расхода металла, то расчет расхода следует рассчитывать по следующей формуле (см. Таблица 3):

$$M_a = S \cdot d \cdot \gamma \cdot 1,06$$

$$M_a = 151500 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 7130 \cdot 1,06 = 17175 \text{ (кг)}$$

Таблица 3. Сводная ведомость расчёта расхода анодов на процессы цинкования цеха №11

Операция	Материал, марка	ГОСТ	Норма расхода, $\text{г}/\text{м}^2$	Объемы покрытия в рамках производственного цикла цеха №11, м^2	Расход анодов, кг	
					на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	ст.3сп-пс5	16523	0,8	151500	38,0	114,0
Цинкование	Ц0	1180-91	113,4	151500	417,1	17175,0

Составлено автором по результатам расчетов

Расчёт расхода химикатов на осуществление корректировки электролитов осуществляется по формуле (Виноградов, 2005) (см. Приложение 1, Таблица 4):

$$M_x = \frac{(q_y + q_v + q_{\phi}) \cdot c}{1000} \cdot P_r \cdot N$$

где q_y – потери раствора с деталями и барабаном ;

q_v – потери раствора в вентиляцию;

q_{ϕ} – потери раствора при фильтрации;

c – концентрация компонента, г/л;

P_r – объемы покрытия в рамках производственного цикла, $\text{м}^2/\text{год}$;

N – количество ванн.

Таблица 4. Расход компонентов раствора на осуществление производственного цикла процесса цинкования цеха №11

Операция	Компоненты входящие в состав	Концентрация, г/л	Расход химикатов, кг	
			на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	Na_3PO_4	30	221,1	2334,5
	Na_2CO_3	25	184,2	1945,4
Травление	HCl	200	1161,6	13736,1
	Уротропин	45	261,4	3090,7
Цинкование	ZnO	75	168,9	4043,5
	NH_4Cl	250	767,5	18379,4
	NH_3	5	7,7	183,8
	Уротропин	60	184,2	4411,1
	Клей столярный	3	9,2	220,5
Пассивирование	CrO_3	5	14,5	317,5
	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	30	87,1	1905,1
	HNO_3	5	14,5	317,5
	Na_2SO_4	10	29,1	635,1

Составлено автором по результатам расчетов

Вторым направлением осуществляемых гальванических работ цеха №11 является хромирование. Хромирование используется с целью придания поверхностному слою обрабатываемого изделия таких свойств как высокая коррозионная стойкость, твердость, износостойкость и жаростойкость. В качестве самостоятельного покрытия хром применяется только для медных и латунных изделий, при этом толщина покрытия составляет от 3 до 15 мкм. Для деталей из стали, цинковых и алюминиевых сплавов используется вспомогательный слой из меди и никеля. Многослойные покрытия являются практически беспористое хромовое покрытие по меди или никелю характеризуется незначительной толщиной осадка (1...2 мкм). Максимальная толщина слоя наносится на покрытия, предназначенные для восстановления изношенных размеров, и может достигать 500 мкм (Михайлов 2013).

В качестве материал деталей для хромирования используется сталь Ст.45. Детали с незначительной окислительной плёнкой и наличием смазочных масел. Шероховатость поверхности соответствует ГОСТ 2789–73 (Техническая документация).

Процесс электрохимического осаждения хрома значительно отличается от других гальванических процессов и осуществляется исключительно из растворов его шестивалентных соединений - хромовых кислот. Специфическими характеристиками процесса хромирования являются высокий отрицательный потенциал восстановления

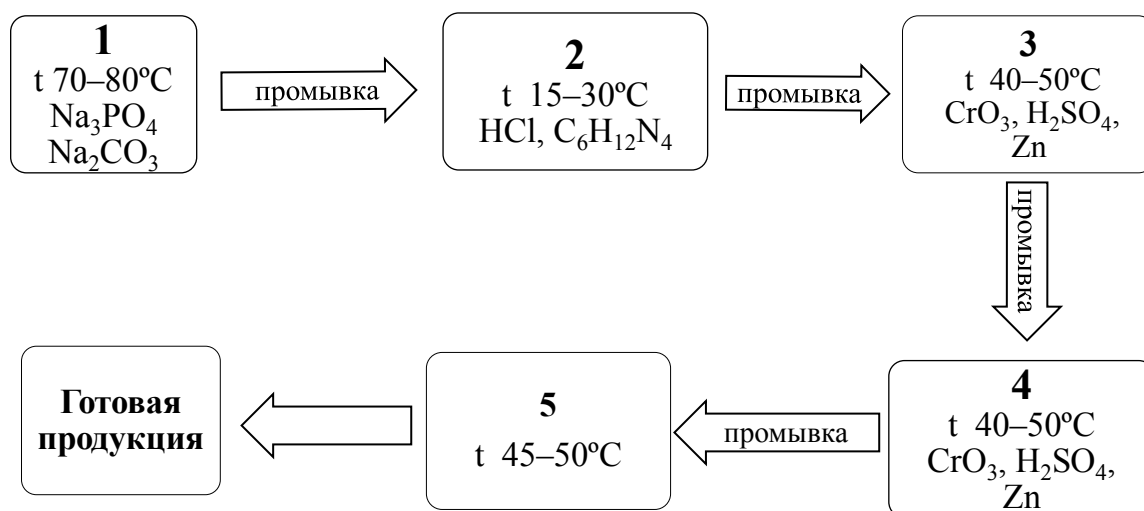
дихромат-анионов, низкий показатель выхода металла по току, высокая плотность тока, использование нерастворимых анодов, низкая рассеивающая способность электролита (Солодкова, 2007).

В промышленном производстве в основном применяются сульфатные электролиты хромирования - стандартные электролиты, содержащие хромовые кислоты H_2CrO_4 и $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и анионы SO_4^{2-} в виде серной кислоты (Михайлов 2013)..

Технологический процесс гальванического хромирования включает следующие стадии (Рисунок 5):

- Электрохимическое обезжиривание на аноде (продолжительность 3-6 минут, t 70–80°C). Обезжиривание на катоде в рамках данного процесса не применяется.
- Промывка (2-3 минуты) - предназначена для наилучшего удаления с поверхности обрабатываемых деталей загрязнений и остатков растворов после обезжиривания.
- Электрохимическое обезжиривание на аноде
- Промывка теплая проточная (t 45–50°C)
- Промывка холодная проточная (температура цеховая, осуществляется в двухкаскадной ванне)
- Травление в соляной кислоте (5-10 минут). Соляная кислота удаляет оксиды с поверхности металла преимущественно вследствие их растворения (концентрация соляной кислоты – 200 г/л).
- Промывка в холодной воде, 1 минута (в двухкаскадной ванне)
- Активирование в ванне хромирования в растворе хромового ангидрида, серной кислоты и цинка (t 40–50°C). Данная операция проводится для снятия оксидной плёнки на поверхности покрываемых деталей, способной адсорбировать анионы хромовой кислоты в момент погружения в хромовый электролит
- Промывка горячая и выдержка массивных деталей для прогрева
- Хромирование с предварительным анодным активированием стальных изделий (в качестве материалов для дополнительных анодов может применяться сталь со свинцовым покрытием, чистый свинец и (в некоторых случаях) сталь без какого-либо покрытия) общей продолжительностью 30-40 минут, t 40–50°C)
- Промывка непроточная (улавливание) - t 50–55°C
- Промывка теплая проточная (t 45–50°C)
- Сушка при $t=45-50^\circ$ в сушильных агрегатах (Солодкова, 2007).

Рисунок 5. Технологическая схема процесса хромирования



1. Химическое обезжиривание
2. Травление
3. Активирование

4. Хромирование
5. Сушка

Составлено автором по результатам исследования

Расчёт расхода анодов и материалов на первоначальный пуск линии хромирования цеха №11 осуществляется по следующей формуле (Виноградов, 2005):

$$M_p = l \cdot b \cdot f \cdot d \cdot N \cdot n'$$

где M_p – расход растворимых анодов, кг; M_n – расход нерастворимых анодов, кг;

l – суммарная ширина анодов, которая не должна быть меньше 60% длины анодных штанг в ванне, м;

b – длина анода, м;

f – толщина анода, м;

N – количество ванн;

n' – количество анодных штанг;

d – плотность металла анода, кг/м³.

Обезжиривание для хромирования: $M_H = 1 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 7880 \cdot 2 \cdot 1 = 31,5$ (кг)

Непосредственно процесс хромирования: $M_H = 1,34 \cdot 0,61 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 11350 \cdot 2 \cdot 4 = 445,4$ (кг)

Количество химикатов для приготовления электролитов рассчитывается по формуле (Виноградов, 2005):

$$M_x = \frac{c \cdot v \cdot N \cdot n}{1000},$$

где M_x – расход каждого компонента, кг;

c – содержание каждого компонента, г/л;

v – рабочий объём ванны, л;

N – количество ванн;

n – количество смен раствора электролита в год.

Результаты расчетов электролитов для ванн линии хромирования цеха:

$$M_{CrO_3} = \frac{160 \cdot 573 \cdot 4 \cdot 4}{1000} = 1466,9 \quad M_{H_2SO_4} = \frac{5 \cdot 573 \cdot 4 \cdot 4}{1000} = 45,9$$

$$M_{Zn} = \frac{5,5 \cdot 573 \cdot 4 \cdot 4}{1000} = 50,5$$

Расход нерастворимых анодов для осуществления одного производственного цикла хромирования рассчитывается в соответствии с нормативом расхода анодов при покрытии на толщину слоя 1мкм в г на м². Для твёрдого хромирования норматив составляет 2,2 г на 1мкм (Техническая документация).

$$M = \frac{2,2 \cdot 30 \cdot 40400}{1000} = 2666,4 \quad (\text{кг})$$

Расход нерастворимых анодов определяется процессами их химического и механического разрушения в результате работы, следствием чего которого является необходимость их замены. Аноды при хромировании и электрохимическом обезжиривании меняются 2 раза в год. Результаты проведенных автором расчетов представлены в Таблице 5.

Таблица 5. Сводная ведомость расчёта расхода анодов на процессы хромирования цеха №11

Операция	Материал, марка	ГОСТ	Норма расхода, г/м ²	Объемы покрытия в рамках производственного цикла цеха №11, м ²	Расход анодов, кг	
					на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	ст.3сп-пс5	16523	2,3	40400	31,5	94,5
Хромирование	C-2	860-75	66	40400	445,4	2666,4

Составлено автором по результатам расчетов

Расчёт химикатов на осуществление корректировки электролитов проводим по формуле (Виноградов, 2005):

$$M_x = \frac{(q_y + q_v + q_{\phi}) \cdot c}{1000} \cdot P_z \cdot N,$$

где q_y – потери раствора с деталями и барабаном ;

q_v – потери раствора в вентиляцию;

q_{ϕ} – потери раствора при фильтрации;

c – концентрация компонента, г/л;

P_r – годовая производственная программа с учётом брака, м²/год;

N – количество ванн.

Для ванн хромирования отдельно осуществляется расчёт хромового ангидрида на выделение металлического хрома на катоде из расчёта 13,3 г Cr₂O₃ на 1 м² при толщине 1 мкм. Норма расхода хромового ангидрида определяется по формуле (Виноградов, 2005):

$$M_{CrO_3} = \frac{d \cdot (p + q_e \cdot c) + c \cdot (q_y + q_\phi)}{1000} \cdot P_r,$$

где d – толщина хромового покрытия, мкм;

p – количество хромового ангидрида в граммах для покрытия 1 м² при толщине 1 мкм.

$$M_{CrO_3} = \frac{30 \cdot (13,3 + 0,05 \cdot 160) + 160 \cdot (0,125 + 0,05)}{1000} \cdot 40400 = 26946,8 \text{ (кг)}$$

Полученные в результате расчетов показатели расхода компонентов на осуществление производственного цикла процесса хромирования цеха №11 представлены в Таблице 6 и Приложении 2.

Таблица 6. Расход компонентов раствора на осуществление производственного цикла процесса хромирования цеха №11

Операция	Компоненты входящие в состав	Концентрация, г/л	Расход химикатов, кг	
			на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	Na ₃ PO ₄	30	206,3	527,5
	Na ₂ CO ₃	25	171,9	439,6
Травление	HCl	200	1092	2829,2
	Уротропин	45	245,7	636,6
Хромирование	CrO ₃	250	1466,9	9225,3
	H ₂ SO ₄	5	45,9	288,3
	Zn	5,5	50,5	317,2

Составлено автором по результатам расчетов

В качестве основных областей применения электролитического хромирования выступают отделка деталей (процессы защитно-декоративного хромирования), защита изделий от коррозии (процессы защитного хромирования), повышение износостойкости трущихся деталей и восстановление изношенных деталей машин (процессы твердого и износостойкого хромирования) (Солодкова, 2007).

Подводя итоги осуществляемой в данном параграфе характеристике, можно заключить, что современный производственный профиль цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» представлен процессами цинкования и хромирования, причем основным заказчиком и потребителем готовой продукции цеха являются

производственные мощности самого Балтийского завода. Объемы гальванического производства цеха напрямую зависят от выполняемых на настоящий момент времени заказов другими производственными объединениями завода.

Характеристика технологических процессов осуществляемого ОАО «Балтийский завод» гальванического производства позволяет сделать вывод, что на современном этапе развития на предприятии используются технологические схемы, которые могут быть определены как экологически опасные для окружающей среды и экономически неэффективные вследствие высоких показателей потребления ресурсов в течение одного производственного цикла.

2.3. Характеристика процесса функционирования существующих технических систем экологической безопасности цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Сточные воды цеха гальванических покрытий поступают на очистные сооружения по отдельным трубопроводам для каждого вида загрязнений, при этом смешение стоков разных видов не допускается. Гальванические стоки цеха содержат циан, 6-ти валентный хром, кислоты, щелочи и соли тяжелых металлов, содержание которых при сбросе лимитируется ПДК и санитарными нормами. В общем виде все гальванические стоки цеха №11 можно разделить на две группы:

- хромсодержащие, образующиеся в результате осуществления операций хромирования и пассивирования и содержащие 120 мг/л хроматов, pH 2-6;
- кислотно-щелочные, включающие сточные воды процессов цинкования и промывные воды после всех ванн. В данных стоках, помимо ионов тяжелых металлов, содержатся кислоты и щелочи, соли тяжелых металлов, СПАВ, амины, блескообразующие добавки. Кислотно-щелочные стоки составляют 85% от общего объема гальванических стоков цеха; pH щелочных сточных вод составляют 10-12, кислых - 2-5 (Техническая документация).

Экологическая опасность сточных вод гальванического производства определяется степенью воздействия содержащихся в них растворов на окружающую среду и, в частности, на водные объекты рыбохозяйственного назначения как наиболее чувствительные к загрязнениям природные объекты (Виноградов, 1997). При этом необходимо отметить, что экологическая опасность заключается не в самом факте наличия в растворе токсичного вещества, а в показателе концентрации данного компонента.

Экологическая опасность электролитов цинкования определяется величиной концентрации ионов цинка, причем в аммиакатных электролитах доля цинка в экологической опасности электролита составляет почти 100%.

Экологическая опасность электролитов хромирования оценивается на том же уровне, что и электролитов цинкования.

В таблице 7 представлена информация по основным вредным химическим веществам, используемым в цехе №11.

Таблица 7. Сводная характеристика вредных химических веществ, используемых на линиях цинкования и хромирования цеха №11

Вредные вещества	ПДК мг/л	Класс опасности	Действие на окружающую среду
Цинк и его соединения	1,0	III	Цинк и его соединения – являются малотоксичными для людей и животных при поступлении в организм с пищей и питьевой водой. Токсичность для водной фауны во много раз выше, чем для людей, негативное действие проявляется раньше, чем изменяются органолептические свойства воды.
Уротропин	0,5	II	Придаёт воде: запах в 1 балл в концентрации 1000 мг/л; привкус в 1 балл – в концентрации 60 мг/л, 2 балла – 130 мг/л.
Соединения аммония	0,5	II	Вызывает местные раздражающие реакции на кожных покровах. Доза 1 мг/кг массы или концентрация 20 мг/л воды вызывает у теплокровных животных дегенеративные изменения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта.
Хром и его соединения	0,001	I	Соединения хрома (VI) оказывают на организм общетоксическое, раздражающее, кумулятивное, аллергенное, канцерогенное и мутагенное действие. Губительно действуют на флору и фауну водоёмов и тем самым замедляют процессы самоочищения.

Составлено автором на основании технической документации ОАО «Балтийский завод»

Расчёт объёмов разбавленных сточных вод цеха осуществляется на основе данных расчёта расхода воды на промывные операции линии цинкования в процессе одного производственного цикла (см. Таблица 8, Приложение 3).

- Расчеты для линии цинкования:

После операции электрохимического обезжиривания устанавливаются ванны теплой и холодной промывки.

После ванны травления - двухкаскадная ванна холодной промывки.

После ванны цинкования – ванна улавливания и двухкаскадная ванна холодной промывки.

После ванны пассивирования - одинарная ванна теплой промывки и двухкаскадная ванна холодной промывки (Техническая документация).

- Расчеты для линии хромирования:

После операции электрохимического обезжиривания устанавливается ванна теплой промывки и ванна холодной промывки.

После ванны травления – двухкаскадная ванна холодной промывки.

После ванны хромирования – ванна улавливания и двухкаскадная ванна холодной промывки и ванну теплой промывки (Техническая документация).

Таблица 8. Расход воды на промывку и состав сточных вод линий цинкования и хромирования цеха №11

Наименование оборудования	Расход воды, л/ч		Годовой расход воды, м³	Характер сточных вод
	на ванну	общий		
Линия цинкования				
1.Электрохим. обезжиривание	70,5	141	1113,3	Кисло-щелочной
2. Травление	486	486	3837,5	
3. Цинкование	564	564	4453,4	
4. Осветление – пассивирование	28,5	57	450,1	Хромосодержащий
Итого:	1149	1248	9854,3	
Линия хромирования				
1.Электрохим. обезжиривание	5	10	79,0	Кисло-щелочной
2. Травление	65	65	513,2	
3. Хромирование	28,5	57	450,1	Хромосодержащий
Итого:	98,5	132	1042,3	

Составлено автором по результатам расчетов

Как следует из приведенных расчетов, годовой расход воды на осуществление производственного цикла цинкования цеха №11 составляет 1191 л/ч кисло-щелочных стоков, 57 л/ч хромосодержащих стоков; производственного цикла хромирования – 75 л/ч кислотно-щелочных и 57 л/ч хромосодержащих стоков. Таким образом, годовой расход составляет 9404,2 м³ кисло-щелочных стоков и 450,1 м³ хромосодержащих стоков, в сумме – 9854,3 м³ стоков (для линии цинкования) и 592,2 м³ кисло-щелочных стоков и 450,1 м³ хромосодержащих, в сумме – 1042,3 м³ (для линии хромирования). Совокупный объем стоков гальванического производства цеха №11 – 10896,3 м³

В таблице №9 представлены данные о максимальном уносе химических загрязняющих веществ в стоки и их концентрация для каждой технологической операции гальванических процессов обеих линий цеха №11.

Таблица 9. Максимальный унос загрязняющих химических веществ в стоки и их концентрация

Наименование операции	Наименование компонента	Максимальный унос загрязнений в стоки, г/л	Максимальная концентрация загрязнений в стоках, г/л
		$m = q \cdot F \cdot c_0$ или $m = 0,4 \cdot q \cdot F \cdot c_0$	$C_{ст.г}^{до} = \frac{m}{Q}$
Линия цинкования			
Кисло-щелочные стоки, Q = 104 л/ч			
Электрохимическое обезжиривание	Na ₃ PO ₄	0,6 · 3,4 · 30 = 61,2	0,588
	Na ₂ CO ₃	0,6 · 3,4 · 25 = 51	0,491
Травление	HCl	0,4 · 3,4 · 200 = 272	2,615
	Уротропин	0,4 · 3,4 · 45 = 61,2	0,588
Цинкование	ZnO	0,4 · 3,4 · 0,6 · 75 = 61,2	0,588
	NH ₄ Cl	0,4 · 3,4 · 0,6 · 250 = 204	1,961
	NH ₃	0,4 · 3,4 · 0,6 · 5 = 4,08	0,039
	Уротропин	0,4 · 3,4 · 0,6 · 60 = 48,96	0,471
	Клей столярный	0,4 · 3,4 · 0,6 · 3 = 2,448	0,023
Хромосодержащие стоки, Q =15 л/ч			
Пассивирование	CrO ₃	0,4 · 3,4 · 5 = 6,8	0,453
	Na ₂ Cr ₂ O ₇	0,4 · 3,4 · 30 = 40,8	2,72
	HNO ₃	0,4 · 3,4 · 5 = 6,8	0,453
	Na ₂ SO ₄	0,4 · 3,4 · 10 = 13,6	0,906
Линия хромирования			
Кисло – щелочные стоки, Q = 75 л/ч			
Электрохимическое обезжиривание	Na ₃ PO ₄	0,5 · 5,12 · 30 = 76,8	1,024
	Na ₂ CO ₃	0,5 · 5,12 · 25 = 64	0,853
Травление	HCl	0,4 · 5,12 · 200 = 409,6	5,461
	Уротропин	0,4 · 5,12 · 45 = 92,16	1,228
Хромосодержащие стоки, Q = 57 л/ч			
Хромирование	CrO ₃	0,4 · 0,5 · 5,12 · 250 =256	4,491
	H ₂ SO ₄	0,4 · 0,5 · 5,12 · 5 = 5,12	0,089
	Zn	0,4 · 0,5 · 5,12 · 5 = 5,12	0,089

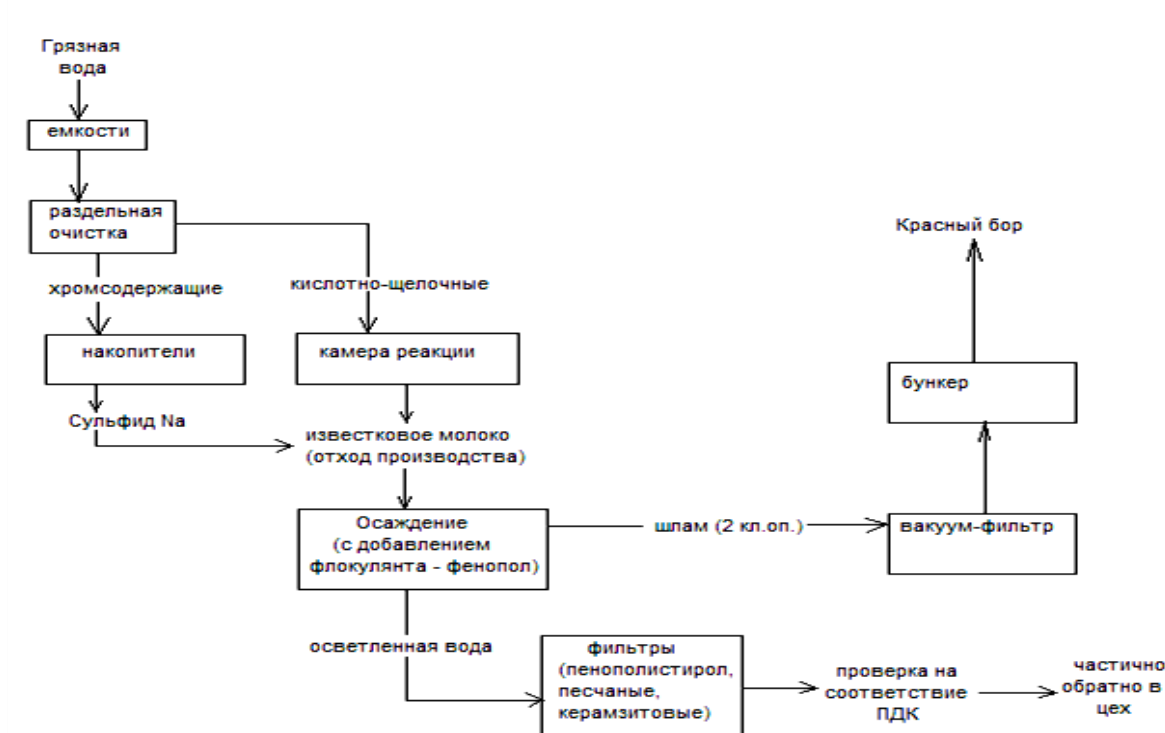
Составлено автором по результатам расчетов

Процесс очистки сточных вод гальванического производства цеха №11 осуществляется на участке очистных сооружений, последнее техническое перевооружение, а также переход от периодической схемы обработки стоков к проточному варианту которого были осуществлены в 2003-2004 гг.

Для очистки гальванических стоков в цехе используется реагентный метод, заключающийся в последовательном осуществлении реакций окисления, восстановления,

нейтрализации, коагуляции, осаждения. В результате осуществления данных операций токсичные соединения разрушаются и образуются малотоксичные отходы, выводящиеся из стоков в осадок. После очистки сточных вод цеха остаточная концентрация компонентов составляет ~ 7 %. Схема процессов очистки гальванических стоков цеха №11 данным методом представлена на Рисунке 6.

Рисунок 6. Схема очистки сточных вод гальванического производства цеха №11



Составлено автором по данным технической документации ОАО «Балтийский завод»

Все сточные воды в цехе гальванических покрытий (кроме высококонцентрированных гальваностоков) подается в емкости 8 и 5 м³, где осуществляется разделение стоков на два потока и очистка. Далее кислотнo-щелочные и хромосодержащие стоки направляются в камеру реакции щелочным реагентом, где нейтрализуются карбидным шламом (известковым молоком). В качестве осадка образуются гидроксиды металлов (хром, никель, медь, железо, цинк, алюминий, магний), являющиеся отходами производства. Для повышения качества отстаивания на данном этапе добавляется флокулянт – фенофол. После отстаивания вода проходит трех ступенчатую очистку в механическом фильтре с загрузкой из пенополистирола, керамзитовой и песчаной загрузкой. Затем вода подкисляется 0.5%-ым раствором серной кислотой и частично возвращается в производственные процессы цеха, оставшаяся часть сбрасывается в городской коллектор (Соложенкин, 2008).

Образующийся в результате производственного процесса шлам с влажностью 60-80% направляется на дальнейшее обезвоживание в барабанном вакуум-фильтре с последующим аккумулярованием в бункере. По мере заполнения бункера, шлам 2 класса опасности направляется на захоронение на полигон «Красный бор».

Высоко концентрированные гальванические стоки и отработанные растворы, образующиеся в результате гальванических процессов с использованием реактивов, очищаются по вышеописанной технологии, но на специально выделенной линии.

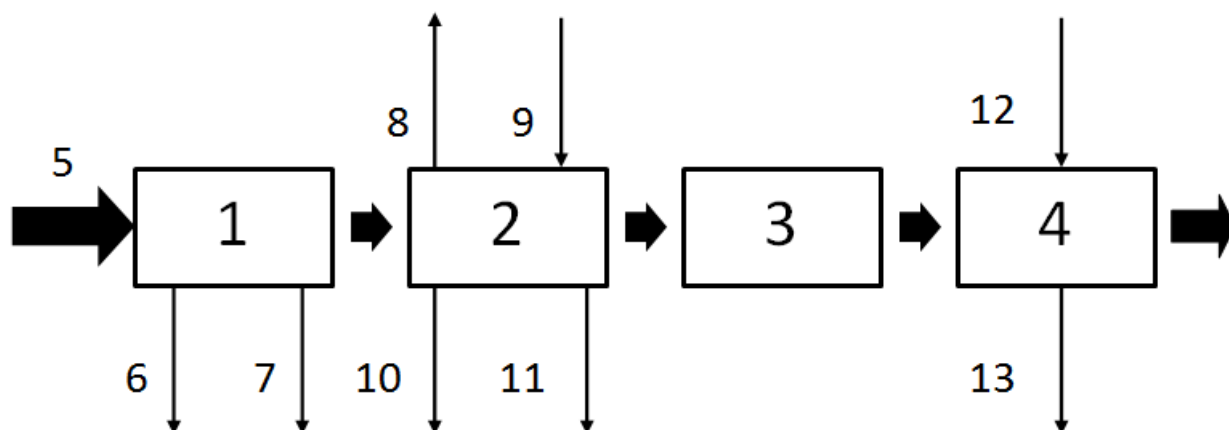
Обработка сточных вод процессов хромирования заключается в восстановлении Cr (VI) до Cr (III) сульфидом натрия с последующим повышением pH до 8-8,5 и отделением шлама. Восстановление хрома в хромосодержащих промывных водах цеха №11 осуществляется в результате процесса гальванокоагуляции.

Коагуляция - это «агрегация частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле» (Найденко, 2000).

На стадию гальванокоагуляции поступают сточные воды, прошедшие предварительную механическую очистку от грубодисперсных примесей. Суть метода гальванокоагуляции состоит в генерации хромосодержащего реагента (коагулянта) непосредственно в сточной воде в результате образования бесконечного множества короткозамкнутых гальванических элементов. В данных элементах хромовая стружка выступает в качестве растворимого анода, а медная стружка или угольный порошок – в качестве катода, сточная жидкость является электролитом. В результате разности электрохимических потенциалов железо переходит в раствор без наложения тока от внешнего источника (Кузнецов, 2001).

Установка для очистки воды методом гальванокоагуляции включает блоки гидромеханической очистки 1 и 4, гальванокоагуляционный блок 2 и реакционный блок коррекции pH 3 (Рисунок 7). Гальванокоагуляционный блок 2 включает в себя гальванокоагулятор барабанного типа с непрерывным режимом очистки растворов, оснащенный автоматизированной системой управления. В результате процесса непрерывного перемешивания наполнителя (элементов, образующих гальванопару) в аппарате реализуется противоточное взаимодействие обрабатываемого раствора с наполнителем; предотвращается пассивация поверхности элементов гальванопары, следствием чего является увеличение степени очистки раствора; уменьшается вероятность цементации наполнителя, обеспечиваются благоприятные условия для осуществления операций загрузки и выгрузки наполнителя (Техническая документация).

Рисунок 7. Схема очистки сточных вод гальванического производства цеха №11 методом гальванокоагуляции



1 и 4 – блок гидромеханической очистки;
2 – гальванокоагуляционный блок;
3 – реакционный блок коррекции pH, 5 –
сточная вода,
6 – взвесь на утилизацию,
7 – сопутствующая жидкая фракция на
утилизацию,

8 – гальванопары,
9 – воздух;
10 – отработанные реагенты,
11 – воздух и водород в атмосферу;
12 – реагенты,
13 – взвесь на утилизацию

Составлено автором по данным технической документации ОАО «Балтийский завод»

Оценка экологической опасности процессов и растворов осуществляемого гальванического производства осуществляется в результате расчета экологического критерия (ЭК), который определяется как отношение конечной концентрации компонента раствора в сбрасываемой (очищенной) воде ($C_{\text{кон}}$) к его ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов и прямо пропорционально зависит от концентрации компонента в технологическом растворе (C_0), кратности разбавления промывными водами выносимого из ванны раствора ($\frac{q}{Q}$) и обратно пропорционально зависит от степени очистки сточных вод (α) (Виноградов, 1997):

$$\text{ЭК} = \frac{C_{\text{кон}}}{\text{ПДК}} = \frac{C_0}{\text{ПДК}} \cdot \frac{q}{Q} \cdot (1 - \alpha)$$

Экологическая опасность электролитов определяется как сумма показателей экологической опасности каждого компонента соответствующего раствора. Следовательно, можно утверждать, что снижение техногенного воздействия производственной деятельности гальванического производства возможно за счет снижения экологической опасности определенных растворов и электролитов ($\frac{C_0}{\text{ПДК}}$),

рационализации процессов водопотребления ($\frac{q}{Q}$) и повышения эффективности очистки гальванических стоков (α).

Величина показателя экологического критерия определяет экологическую опасность определенного технологического раствора, операции, процесса или гальванического цеха в целом. Производственный процесс, его стадия или раствор могут быть оценены как экологически безопасные, если показатель экологического критерия не превышает единицу (Виноградов, 2001). Рассмотрим значения показателей экологической опасности технологических растворов, применяемых на каждой операции процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» для определения степени их потенциальной опасности для окружающей среды (Таблица 10).

Таблица 10. Экологическая опасность применяемых технологических растворов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Наименование технологической операции	Линия цинкования	Линия хромирования
Обезжиривание	$0,2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$
Травление	$0,8 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$
Основной процесс (цинкование/хромирование)	$3,88 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^6$
Пассивирование	$0,6 \cdot 10^6$	-

Составлено автором по результатам расчетов

На основании рассчитанных значений экологической опасности растворов каждой технологической операции, осуществляемой в рамках технологического процесса цинкования/хромирования цеха №11, было установлено, что показатели больше единицы характеризуют процессы непосредственно нанесения покрытия (цинкование и хромирование соответственно). Все остальные технологические операции гальванического производства цеха №11 характеризуются показателем экологической опасности, не превышающим единицу. Таким образом, наибольшую опасность для окружающей среды от функционирования производственных линий цеха гальванических покрытий представляют растворы и электролиты непосредственно процессов цинкования и хромирования.

2.4. Расчет материального баланса производственных циклов процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

На основании имеющихся и рассчитанных в рамках проводимого исследования данных, характеризующих осуществляемые процессы цинкования и хромирования цеха

№11 ОАО «Балтийский завод», автором осуществляется расчет материального баланса для каждого из процессов.

Расчет материального баланса производственного цикла цинкования включает расчет количественных показателей компонентов полезного использования и компонентов, уносимых в сток (Баранов, 2002).

Расчет полезного использования компонентов раствора цинкования цеха №11 в течение одного производственного цикла представлен в Таблице 11.

Таблица 11. Полезный расход компонента в течение одного производственного цикла цинкования цеха №11

Компонент	Расход компонента, кг/м ²	Совокупный расход, кг/год
Na ₃ PO ₄	0,0154	2333,1
Na ₂ CO ₃	0,0129	1954,35
HCl	0,0901	13650,15
Уротропин	0,0204	3090,6
ZnO	0,0267	4045,05
NH ₄ Cl	0,1213	18376,95
NH ₃	0,0012	181,80
Уротропин	0,0291	4408,65
Клей столярный	0,0015	227,25
CrO ₃	0,0021	318,15
Na ₂ Cr ₂ O ₇	0,0126	1908,9
HNO ₃	0,0021	318,15
Na ₂ SO ₄	0,0042	636,3

Составлено автором по результатам расчетов

Годовой объем стока производственного цикла цинкования рассчитывается по формуле (Баранов, 2002):

$$Q_{\Sigma} = q \cdot S_{\Sigma}$$

где Q_{Σ} - годовой объем стока, л/год;

q – удельный вынос раствора, л/м²;

S_{Σ} - общая площадь покрываемой поверхности в год, м².

$$0,3 \cdot 151500 = 45450 \text{ л/год}; \quad 0,4 \cdot 151500 = 60600 \text{ л/год}$$

В таблице 12 представлен расчет совокупного уноса компонентов раствора цинкования в стоки в течение одного производственного цикла.

Расчет содержания компонента в годовом объеме стока осуществлялся по формуле (Баранов, 2002):

$$C_{\text{ст.в}} = \frac{m \cdot Q_{\Sigma}}{1000}$$

Таблица 12. Унос компонентов раствора цинкования в стоки в течение одного производственного цикла гальванического цеха №11 ОАО «Балтийский завод»

Компонент	Максимальный унос компонента в стоки, г/л	Годовой сток, л/год	Содержание компонента в стоке, кг
Na ₃ PO ₄	61,2	45450,0	2781,54
Na ₂ CO ₃	51	45450,0	2317,95
HCl	272	60600,0	16483,2
Уротропин	61,2	60600,0	3708,72
ZnO	61,2	45450,0	2781,54
NH ₄ Cl	204	45450,0	9271,8
NH ₃	4,08	45450,0	185,43
Уротропин	48,96	45450,0	2225,2
Клей столярный	2,448	45450,0	111,26
CrO ₃	6,8	45450,0	309,06
Na ₂ Cr ₂ O ₇	40,8	45450,0	1854,36
HNO ₃	6,8	45450,0	309,06
Na ₂ SO ₄	13,6	45450,0	618,12

Составлено автором по результатам расчетов

где $C_{ст.в}$ - содержание компонента в годовом объеме стока, кг;

m - максимальный унос загрязнений в стоки, г/л;

Q_{Σ} – годовой объем сточных вод, л.

Материальный баланс производственного цикла цинкования гальванического цеха №11 ОАО «Балтийский завод» представлен в Таблице 13.

Таблица 13. Материальный баланс процесса цинкования цеха №11 в течение одного производственного цикла

Компонент	Полезное использование, кг/год	Унос в сток, кг/год	Унос в сток, % в год	Всего, кг/год
Na ₃ PO ₄	2334,5	2781,5	54,4	5116,04
Na ₂ CO ₃	1945,4	2317,9	54,4	4263,35
HCl	13736,1	16483,2	54,5	30219,3
Уротропин	3090,7	3708,72	54,5	6799,42
ZnO	4043,5	2781,5	40,8	6825,04
NH ₄ Cl	18379,4	9271,8	33,5	27651,2
NH ₃	183,8	185,4	50,2	369,236
Уротропин	4411,1	2225,2	33,5	6636,332
Клей столярный	220,5	111,2	33,5	331,7616
CrO ₃	317,5	309,1	49,3	626,56
Na ₂ Cr ₂ O ₇	1905,1	1854,4	49,3	3759,46
HNO ₃	317,5	309,1	49,3	626,56
Na ₂ SO ₄	635,1	618,1	49,3	1253,22
Вода, м³	9854,3			

Составлено автором по результатам расчетов

Таким образом, потери полезного компонента в сток при современных условиях и технологиях осуществления процесса цинкования в цехе №11 составляют:

- для процесса электрохимического обезжиривания – 54,4%;
- для процесса травления – 54,5%;
- для процесса цинкования: от 33,5% до 50,2% (наибольшие потери – NH_3);
- для процесса пассивирования – 49,3%.

Расчет материального баланса производственного цикла хромирования включает расчет количественных показателей компонентов полезного использования и компонентов, уносимых в сток.

Расчет полезного использования компонентов раствора хромирования цеха №11 в течение одного производственного цикла представлен в Таблице 14.

Таблица 14. Полезный расход компонента в течение одного производственного цикла хромирования цеха №11

Компонент	Расход компонента, кг/м ²	Совокупный расход, кг/год
Na_3PO_4	0,1306	5276,24
Na_2CO_3	0,0109	440,36
HCl	0,0701	2832,04
Уротропин	0,0158	638,32
CrO_3	0,7033	9225,3
H_2SO_4	0,0072	290,88
Zn	0,0079	319,16

Составлено автором по результатам расчетов

Годовой объем стока производственного цикла хромирования рассчитывается по формуле (Баранов, 2002):

$$Q_{\Sigma} = q \cdot S_{\Sigma}$$

где Q_{Σ} - годовой объем стока, л/год;

q – удельный вынос раствора, л/м²;

S_{Σ} - общая площадь покрываемой поверхности в год, м².

$$0,4 \cdot 40400 = 16160 \text{ л/год}$$

$$0,5 \cdot 40400 = 20200 \text{ л/год}$$

В таблице 15 представлен расчет совокупного уноса компонентов раствора хромирования в стоки в течение одного производственного цикла.

Таблица 15. Унос компонентов раствора хромирования в стоки в течение производственного цикла гальванического цеха №11 ОАО «Балтийский завод»

Компонент	Максимальный унос компонента в стоки, г/л	Годовой сток, л/год	Содержание компонента в стоке, кг
Na ₃ PO ₄	76,8	20200,0	1551,36
Na ₂ CO ₃	64	20200,0	1292,8
HCl	409,6	16160,0	6619,13
Уротропин	92,16	16160,0	1489,3
CrO ₃	256	20200,0	5171,2
H ₂ SO ₄	5,12	20200,0	103,42
Zn	5,12	20200,0	103,42

Составлено автором по результатам расчетов

Расчет содержания компонента в годовом объеме стока линии хромирования осуществлялся следующим образом (Баранов, 2002):

$$C_{ст.в} = \frac{m \cdot Q_{\Sigma}}{1000}$$

где $C_{ст.в}$ - содержание компонента в годовом объеме стока, кг;

m - максимальный унос загрязнений в стоки, г/л;

Q_{Σ} – годовой объем сточных вод, л.

Материальный баланс производственного цикла хромирования гальванического цеха №11 ОАО «Балтийский завод» представлен в Таблице 16.

Таблица 16. Материальный баланс процесса хромирования цеха №11 в течение одного производственного цикла

Компонент	Полезное использование, кг/год	Унос в сток, кг/год	Унос в сток, % в год	Всего, кг/год
Na ₃ PO ₄	527,5	1551,36	74,6	2078,86
Na ₂ CO ₃	439,6	1292,8	74,6	1732,4
HCl	2829,2	6619,13	70,1	9448,33
Уротропин	636,6	1489,3	70,1	2125,9
CrO ₃	9225,3	5171,2	35,9	14396,5
H ₂ SO ₄	288,3	103,42	26,4	391,72
Zn	317,2	103,42	24,6	420,62

Составлено автором по результатам расчетов

Потери полезного компонента в сток при современных условиях и технологиях осуществления процесса хромирования в цехе №11 составляют:

- для процесса электрохимического обезжиривания – 74,6%
- для процесса травления – 70,1%;
- для процесса хромирования: от 24,6% до 35,9% (наибольшие потери – CrO₃);

Таким образом, расчет материального баланса процессов цинкования и хромирования, осуществляемых в рамках производственной программы цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод», показал, что современные технологии гальванического производства предприятия обуславливают большие потери полезных компонентов (от 24% до 70%), определяя, тем самым значительную нагрузку на окружающую среду и высокие издержки производства.

На основании проведенного в рамках данной главы исследования было установлено, что осуществление процесса перехода на НДТ производственных процессов ОАО «Балтийский завод» - территории с высокой степенью загрязнения и мощным производственным потенциалом – следует рассматривать как одно из направлений по обеспечению приоритетных задач развития предприятия: сокращения издержек и перехода на концепцию бережливого потребления. Результатом внедрения НДТ в производственные процессы завода станет перенос центра тяжести экологической деятельности от следствий в виде загрязнения окружающей среды, к их причине, т.е. к технологическим процессам – источникам негативных воздействий, а сокращение производственных издержек на выполнение программы обусловит заинтересованность предприятия в реализации экологического направления собственной деятельности.

Одним из направлений производственной деятельности ОАО «Балтийский завод», классифицируемых как опасные для окружающей среды по показателям токсичности и воздействия на состояние природных системы выбросов и сбросов загрязняющих веществ, является гальваническое производство, представленное процессами цинкования и хромирования. Результатом анализа осуществляемых на современном этапе технологических процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий завода является заключение о высоких показателях потери полезных компонентов в сток в течение производственного цикла (до 70%) и недостаточной эффективности очистки сточных вод производства. В качестве причины автор рассматривает недостаточно эффективные с экологической и экономической точек зрения технологии, характеризующиеся применением высококонцентрированных растворов токсичных химических элементов и значительными потерями сырья как в процессе непосредственно производства, так и на стадии очистки (используемая система очистки может быть определена как технологически устаревшая).

Следовательно, осуществляемый на современном этапе процесс перехода российских промышленных предприятий на использование НДТ может рассматриваться как эффективный способ решения актуальных экологических и экономических проблем

гальванического производства. Однако, особенности производственного процесса и требований к получаемой продукции цеха №11 ОАО «Балтийский завод», высокая роль внутризаводской кооперации и технологические возможности оборудования завода определяют актуальность разработки методики выбора НДТ цинкования и хромирования на основе как общих принципов и стандартов подхода к НДТ в Российской Федерации, так и специфики производственного процесса цеха. Внедрение НДТ в гальваническое производство цеха №11 ОАО «Балтийский завод» должно способствовать как повышению общей экономической эффективности производственной деятельности подразделения, так и сокращению негативного воздействия на окружающую среду за счет экологизации непосредственно технологических процессов цинкования и хромирования с сокращением нагрузки на уже существующие системы очистки.

Глава 3. Сравнительный анализ наилучших доступных технологий цинкования и хромирования для внедрения в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» с учетом принципов обеспечения экологической безопасности деятельности и сокращения производственных издержек цеха

3.1 Методика выбора НДТ цинкования и хромирования для внедрения в гальваническое производство цеха №11 ОАО «Балтийский завод»

На основании осуществленных в Главе 1 расчетов было установлено, что на современном этапе функционирования Гальванического цеха ОАО «Балтийский завод» уровень полезного использования цветных металлов в процессах цинкования и хромирования составляет около 60-70%, кислот и щелочей, используемых в технологических процессах, – 50-70%. При осуществлении процессов цинкования и хромирования происходит перенос компонентов раствора электролита поверхностями обрабатываемых деталей и технологической оснасткой (0,4-0,5 л/м²), а также вынос в стоки ванн промывки (0,3-0,4 л/м²), что обуславливает потери полезных компонентов и вынос тяжелых металлов промывными водами, практически сопоставимые с расходами на покрытие, то есть полезным использованием компонентов раствора.

Захват и перенос компонентов гальванических растворов поверхностями деталей, а также их вынос в гальваностоки имеют следующие последствия:

1. Безвозвратная потеря компонентов раствора (солей металлов, кислот, органических соединений, добавок), что обуславливает необходимость корректировки раствора по данным компонентам и экономические затраты на их приобретение;
2. Поступление в сточные воды загрязняющих веществ (неорганических соединений ионов цинка и хрома, кислот, биологических жестких ПАВ и т.д.), что определяет необходимость дополнительного расхода промывной воды.

Расчет показателя экологической опасности электролитов и растворов, используемых при осуществлении технологических операций гальванического производства цеха №11 (см. Глава 2), показал, что для двух технологических операций данный показатель превышает единицу, то есть они могут быть охарактеризованы как экологически опасные для окружающей среды.

Таким образом, на этапе выявления и оценки проблем осуществляемого гальванического производства цеха №11 ОАО «Балтийский завод» было установлено, что современные технологические процессы цинкования и хромирования могут быть определены как малоэффективные с экономической точки зрения и опасные для

окружающей среды. Следовательно, одной из задач модернизации цеха №11 является выбор и внедрение технологий, способствующих сокращению уноса полезных компонентов раствора погружаемой поверхностью, в вентиляцию и сток, снижению концентрации загрязняющих веществ в сточных водах цеха, а также замене особо опасных химических элементов на менее экологически опасные, тем самым обеспечивая повышение производственной эффективности и экологическую безопасность гальванического производства.

Как было установлено в предыдущих главах, осуществление в процессе обеспечения экологической безопасности производства мероприятий исключительно в области очистки выбросов, сбросов и отходов является неэффективным и обуславливает ряд негативных последствий (рост водопотребления, образование токсичных шламов и продуктов работы систем очистки, нерациональное использование ценных ресурсов и, как следствие, значительные экономические затраты). Соответственно, перспективным и эффективным методом решения проблемы обеспечения экологической безопасности гальванического производства рассматриваемого в данной работе цеха №11 является экологизация непосредственно технологических процессов, в том числе за счет сокращения удельных объемов использования в производственном цикле вредных веществ, внедрения ресурсосберегающих технологий и повышения показателей полезного использования сырья (Донченко, 2016). Следствием реализации данного подхода является изменение функционального значения системы очистных сооружений цеха №11 на доочистку выбросов и сбросов с возможностью возвращения полезных компонентов в технологические процессы.

В качестве метода решения проблемы - обеспечения экологической безопасности гальванического производства цеха №11 - рассматривается внедрение оптимальных технологических решений на основе НДТ, относимых к категории НДТ предотвращения негативного воздействия производственных процессов гальванических цехов на окружающую среду и представляющих одно из представленных ниже направлений:

1. Замена электролитов на более совершенные и менее токсичные, позволяющие получать качественные покрытия с хорошими эксплуатационными характеристиками с одновременным достижением целевых экологических показателей и высокой экономической эффективностью внедрения и использования;
2. Совершенствование технологий подготовительных и/или завершительных операций для обеспечения высоких показателей качества сцепления покрытия с

основой, длительности его сохранности, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду и сокращения затрат;

3. Повышение эффективности работы очистных систем и сокращение затрат на приобретение сырья и водопользование за счет рециклинга основных компонентов.

Основной задачей рассматриваемой в данной работе модернизации технологического процесса гальванического цеха ОАО «Балтийский завод» является выбор рациональной технологии (НДТ), позволяющей обеспечить достижение целевого показателя - экологической безопасности производства - при условии сохранения высокого качества готовой продукции и сокращении производственных затрат (Боравский Б.В).

Основной принцип обеспечения экологически-безопасного процесса – максимальное сокращение сброса загрязняющих веществ на очистные сооружения (Бегак, 2016).

Данная задача характеризуется наличием различных вариантов достижения базовой цели с различной эффективностью их реализации. Следовательно, необходимо осуществить выборку технологии, характеризуемой максимально возможными фактическими показателями экономической, экологической и технологической эффективности осуществляемых процессов.

Решение поставленной задачи - выбор наиболее эффективной НДТ для обеспечения экологической безопасности гальванического производства ОАО «Балтийский завод» - осуществляется за счет использования системного подхода, позволяющего учитывать:

1. технологические, технические, производственные характеристики существующих гальванических линий и качественные показатели выпускаемой продукции;
2. степень экологической опасности каждой технологии,
3. показатели экономических затрат и эффективность инвестирования средств на стадии реализации оцениваемой технологии.

Выбор технологии осуществляется из массива НДТ для процессов цинкования и хромирования на основании их соответствия выбранным направлениям модернизации технологического процесса, представленным выше. Для каждого производственного процесса (цинкование и хромирование) автором выбирались по три НДТ, отвечающие основным технологическим требованиям и характеристикам цеха №11, а также обеспечивающие производство аналогичных видов продукции альтернативными способами без потери ее качественных характеристик.

На основании расчета показателя экологической опасности технологических растворов и электролитов цеха №11 на настоящий момент (см. Глава 2), автором было установлено, что наибольшую экологическую опасность представляют электролиты непосредственно процессов цинкования и хромирования, содержащие соединения шестивалентного хрома, цианиды и аммоний. Поэтому в качестве основного направления осуществления совершенствования технологического процесса автором были выбраны технологии замены состава и/или концентрации растворов и электролитов данных технологических операций на менее экологически опасные. При этом отдельно учитывалось не только получение на выходе покрытий, соответствующих по своим свойствам и качеству заменяемым покрытиям, но и технические возможности цеха гальванических покрытий по использованию уже имеющегося оборудования для регенерации, утилизации и обезвреживанию данных электролитов и других компонентов раствора.

Окончательная выборка наиболее эффективной НДТ для внедрения в производственный процесс цеха №11 осуществляется на основании проведения эколого-экономической оценки каждой технологии и сопоставления прогнозируемых показателей с фактическими показателями современных процессов цинкования и хромирования с последующим выбором технологии, характеризующейся наиболее высокими значениями рассматриваемого показателя.

Эколого-экономическая оценка эффективности технологического процесса в результате внедрения каждой из рассматриваемых в процессе выборки автором НДТ осуществляется с помощью системы критериев – набора показателей, позволяющих отслеживать состояние технологического процесса, его контроля и оценки результатов. На основании использования системы критериев автором определяются сравнительные достоинства и недостатки рассматриваемых НДТ в условиях существующего производственного процесса и базовых условий цеха №11, тем самым осуществляется объективное измерение эффективности и качества данных технологий.

Система критериев, используемых автором при осуществлении интегральной оценки НДТ, включает две группы показателей:

1) Экологические показатели.

Первый этап оценки рассматриваемых НДТ как потенциальных технологий модернизации гальванического производства цеха №11 ОАО «Балтийский завод» осуществляется на основании расчета и сопоставления экологических показателей, показывающих соответствие потенциального производственного процесса требованиям и стандартам экологически-безопасного производства.

В качестве критериев, по которым автором осуществляется определение наиболее экологически эффективных технологий применительно к рассматриваемому производственному процессу, были выбраны следующие:

- Показатель экологической опасности технологического процесса: критерий, позволяющий оценить степень воздействия технологической операции на окружающую среду. Расчет показателя экологической опасности осуществлялся по следующей формуле (Виноградов, 1997):

$$ЭК = \frac{C_{кон}}{ПДК} = \frac{C_0}{ПДК} \cdot \frac{q}{Q} \cdot (1 - \alpha), \text{ где}$$

$C_{кон}$ – конечная концентрация компонента раствора в сбрасываемой воде;

C_0 – концентрации компонента в технологическом растворе;

$\frac{q}{Q}$ – кратность разбавления промывными водами выносимого из ванны раствора;

α – степень очистки сточных вод.

- Показатель годового расхода воды, характеризующий водопотребление в процессе осуществления технологического цикла гальванического производства (цинкования или хромирования), которое выступает одним из основных направлений ресурсопотребления. Основной расход воды в рассматриваемом автором производственном процессе осуществляется на стадиях промывки и очистки (сточные воды) (Кривошеин, 2003).

На основании расчета описанных выше критериев автором проводится сопоставление полученных показателей с фактическими показателями осуществляемых в цехе №11 технологических процессов и с показателями, достижение которых является целевым в рамках достижения экологической безопасности производства. На основании данной оценки из трех рассматриваемых НДТ осуществляется выбор двух, характеризующихся показателями, наиболее близких к целевым.

2) Экономический показатель.

Смена технологической платформы и переход на НДТ предполагает не только обеспечение экологической безопасности производства, но и сокращение его издержек, тем самым определяя заинтересованность предприятия в экологизации своей производственной деятельности и соответствие принципам экологически безопасного производства. Сокращение затрат на осуществление процесса производства продукции является одним из факторов снижения конечной себестоимости выпускаемой продукции (Джангиров, 2005).

Окончательная выборка НДТ из предлагаемых и рассматриваемых автором по результатам проведенного исследования для внедрения и последующей реализации в

технологическом процессе осуществляется на основании оценки экономической целесообразности перехода на использование данной технологии. Критерием, используемым при оценке данного показателя, выступают совокупные затраты, возникающие при использовании каждой из рассматриваемых технологий в производственном процессе. Расчет совокупных затрат осуществляется по следующей формуле (Колесников, 2005):

$$P_{\Sigma} = P_c + P_{\epsilon} + P_m, \text{ где}$$

P_{Σ} – совокупные затраты на осуществление производственного процесса при реализации конкретной НДТ;

P_c – затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы;

P_{ϵ} – затраты энергию всех видов (вода, электроэнергия, пар);

P_m – затраты на труд.

Результатом сравнения полученного показателя совокупных затрат на производственный процесс при условии внедрения каждой из рассматриваемых на данном этапе оценки НДТ является выбор из двух рассматриваемых для каждого производственного процесса по одной технологии, характеризующейся наименьшим количественным показателем данного критерия.

Таким образом, осуществляемый автором выбор НДТ для последующего внедрения в технологические циклы процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий производится на основании двух этапов отбора, на каждом из которых определяется технология, наименее соответствующая оцениваемым критериям и выбывающая из процесса выборки как не эффективная в условиях конкретного производственного процесса. Итоговым результатом выборки является определение двух технологий (для линии цинкования и хромирования соответственно), прогнозируемые результаты реализации которых наиболее соответствуют требованиям, предъявляемым в НДТ в общем, а эффект от перехода заключается как в повышении экологичности осуществляемого процесса, так и в экономической заинтересованности предприятия в их реализации как источнике сокращения производственных издержек без потери качества выпускаемой продукции.

3.2. Характеристика наилучших доступных технологий, рассматриваемых в качестве потенциальных технологий модернизации и экологизации процессов цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

Современный период развития гальванического производства характеризуется повышенным вниманием к вопросам усовершенствования существующих и созданию новых технологических процессов, направленных на обеспечение экологической безопасности производства. Результатом является разработка ряда технологических мероприятий, классифицируемых как НДТ, направленных на понижение экологической опасности гальванических процессов. В рамках данного раздела автором осуществляется выбор из комплекса НДТ в области гальванического производства тех, которые наиболее соответствуют специфике и имеющимся мощностям производственных процессов, осуществляемых в цехе №11 и реализация которых возможна в рамках производственной деятельности ОАО «Балтийский завод».

Рассмотрим НДТ в области цинкования и хромирования, наиболее соответствующие производственной специализации цеха № 11 ОАО «Балтийский завод» и отвечающие техническим возможностям и условиям технологического процесса. В рамках данного исследования автором рассматривается по три НДТ для каждого направления гальванического производства, осуществляемого на ОАО «Балтийский завод».

Наилучшие доступные технологии, выбранные и рассматриваемые для внедрения в технологический процесс цинкования цеха №11 ОАО «Балтийский завод»:

1. Использование цинкатных щелочных электролитов цинкования вместо цианидных аммиакатных.

На сегодняшний день процессы цинкования в цехе гальванических покрытия ОАО «Балтийский завод» осуществляются с использованием цианидного электролита, содержащего хлористый аммоний (NH_4Cl). Несмотря на все технологические достоинства аммиакатных электролитов использование их в технологическом процессе нецелесообразно с экологической точки зрения: аммиакатные комплексы цинка $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2-}$ обладают высокой прочностью и практически не разлагаются на очистных сооружениях, вследствие чего цинк и другие загрязняющие вещества попадают в окружающую среду в недопустимо высоких концентрациях, также сам аммоний относится к категории экологически опасных химических веществ (II класс опасности) (Баранов, 2002).

В качестве альтернативного раствора электролитов для осуществления процесса цинкования предлагается переход на применение цинкатных щелочных электролитов,

характеризуемых высокими показателями растворимости и позволяющих осуществлять процесс цинкования в условиях низкой концентрации цинка в растворе, тем самым обеспечивая меньшие потери цинка с промывной водой (Михайлов, 2006).

Состав цинкатных щелочных электролитов: цинк в виде цинката натрия (или калия) Na_2ZnO_2 (концентрация 10-17 г/л), свободная щелочь NaOH или KOH (концентрация 105 г/л) и блескообразующие добавки (9-11 мл/л), причем концентрация цинка в растворе может изменяться в широком диапазоне при условии сохранения качественных характеристик получаемых цинковых покрытий (Михайлов, 2006).

Результаты перехода на использование цинкатных щелочных электролитов в производственном процессе цинкования цеха №11 ОАО «Балтийский завод» и сопоставление прогнозируемых показателей с фактическими (на современном этапе производственной деятельности цеха) представлены в Таблице 17.

Таблица 17. Технологические показатели производственного процесса цинкования при внедрении технологии использования цинкатных щелочных электролитов

Технологические показатели	Современная технология цинкования цеха №11 (использование цианидных электролитов)	Технология использования цинкатных щелочных электролитов
Концентрация ZnO, г/л	75	10
Концентрация NaOH, г/л	0	105
Концентрация NH_4Cl, г/л	250	0
Концентрация NH_3, г/л	5	0
Концентрация уротропина, г/л	60	0
Концентрация клея столярного, г/л	3	0
Блескообразующая добавка	0	15
Расход ZnO, кг/год:		
- на выполнение программы	6825,0	2643,3
- в сток	2781,5	370,8
Температура электролита, °С	45-55	20-30
Скорость осаждения, мкм/мин	0,5	0,27

Составлено автором по данным Технической документации и Баранов, 2006.

На основании проведенного анализа технологических показателей использования различных электролитов цинкования было установлено, что цинкатные щелочные электролиты характеризуются более высокими по сравнению с другими типами электролитов цинкования показателями экологической безопасности:

- 1) Цинкатные электролиты не содержат ионы аммония,
- 2) Концентрация хлоридов в растворах цинкатных электролитов ниже, чем в остальных видах электролитов цинкования,
- 3) Слабощелочной раствор после фильтрации гидроксида цинка может использоваться повторно в промывных ваннах после травления деталей,

направляемых на лужение, для приготовления растворов травления деталей из алюминиевых сплавов, для приготовления щелочных растворов для расконсервации деталей и для промывки.

- 4) Осуществление процесса взаимной нейтрализации раствора и кислот, поступающих из ванн травления, обеспечивает ускорение процесса гидролиза цинката натрия и образование легко фильтруемых осадков гидроксида цинка.

По данным специалистов ENTONE OMI (одна из крупнейших мировых компаний в области гальванотехники) на сегодняшний день в странах ЕС только 5% цехов используют в технологических циклах цинкования цианидные электролиты, содержащие хлористый аммоний, остальные же используют либо щелочные цинкатные электролиты (58%), либо слабокислые электролиты (33%) (Бюро официальных публикаций).

2. Замена шестивалентных хроматных растворов (хроматирование) на трехвалентные хромитные растворы (хромитирование) в процессах пассивирования цинковых покрытий.

Технологический процесс цинкования обязательно включает в себя стадию пассивирования уже созданного цинкового покрытия для обеспечения его дополнительной защиты: получаемая в результате пассивирования пленка выступает в качестве ингибитора коррозионных процессов на поверхности металла и повышает его стойкость при механическом воздействии. Активным компонентом, используемом в растворах при осуществлении пассивирования, выступает шестивалентный хром, экологическая опасность которого была рассмотрена ранее.

Автором рассматривается альтернативный метод осуществления пассивирования изделий с использованием метода хромитирования – создания защитной пленки на цинке в кислых растворах трехвалентного хрома (Cr (III)). В этих растворах формируются пленки, состоящие из нерастворимых в воде хромитных соединений, сами покрытия получили названия хромитных (Кузнецов, 2001).

Данная технология запатентована во многих странах мира и, несмотря на то, что на настоящий момент времени в Российской Федерации нет запрета на применение соединений Cr (VI) , уже есть разработки электролитов, не содержащих данные соединения.

При технологии хромитирования концентрация Cr (III) в рабочем растворе составляет 2-4 г/л, Cr (VI) отсутствует полностью (в традиционном растворе концентрация Cr (VI) составляет 12-25 г/л). Также при применении технологии хромитирования значительно сокращается расход реагентов на нейтрализацию: не требуется обработка сточных вод сульфидом натрия, используется меньшее количество щелочи для

повышения pH до 8-8,5 (2-2,5 г/м² вместо 35-40 г/м² при использовании традиционных растворов с шестивалентным хромом) (Михайлов, 2013б)

Ожидаемые изменения технологических показателей от внедрения технологии хромирования на стадии пассивирования линии цинкования цеха №11 ОАО «Балтийский завод», а также современные значения данных показателей представлены в Таблице 18.

Таблица 18. Технологические показатели производственного процесса цинкования при внедрении технологии хромирования (на стадии пассивирования)

Технологические показатели	Современная технология пассивирования цеха №11 (хроматирование)	Технология хромирования
Рабочая концентрация хрома, г/л	Cr⁺⁶ – 0,5	Cr⁺⁶ – нет Cr⁺³ – 0,1
Концентрация CrO ₃ , г/л	5	2
Вынос раствора с деталями	0,4 л/м ² , в том числе Cr ⁶⁺ 0,2 г/ м ²	0,4 л/м ² , в том числе Cr ⁶⁺ 0,04 г/ м ²
Вынос хрома с отработанными растворами, г/м ²	Cr ⁶⁺ 0,15 ⁽¹⁾	Cr ³⁺ 0,008 ⁽²⁾
Суммарный вынос хрома, г/ м²	Cr⁶⁺ 0,35	Cr³⁺ 0,048
Расход реагентов на нейтрализацию -сульфид натрия для восстановления хрома до Cr ³⁺ , г/ м ² ; -щелочь для повышения pH, г/ м ²	20-25 35-40	Не требуется 2-2,5
Расход CrO₃, кг/год - на выполнение программы -в сток	 626,56 309,1	 346,3 123,6
Расход H₂SO₄, кг/год - на выполнение программы -в сток	 0	 772,7 9,2

⁽¹⁾ - из расчета выноса раствора 0,3 л/ м², замена раствора производится после обработки 5 м² в литре;

⁽²⁾ - из расчета выноса раствора 0,08 л/ м², замена раствора производится после обработки 20 м² в литре)

Составлено автором по данным Технической документации, Михайлов, 2013 и результатам расчетом

По результатам осуществленного анализа было установлено, что по экологическим характеристикам процессы хромирования значительно превосходят традиционный метод (хроматирование):

- 1) Нет необходимости осуществления операций по восстановлению Cr (VI) в Cr (III) для осаждения гидроксида хрома;
- 2) Сокращаются количественные расходы химикатов на нейтрализацию;
- 3) Сокращаются количественные показатели образования шлама (в 7-10 раз);

- 4) Растворы хромирования в меньшей степени загрязнены цинком и железом вследствие их меньшей кислотности, соответственно, реже нуждаются в замене.

Наилучшие доступные технологии, выбранные из массива НДТ для процесса хромирования и рассматриваемые для внедрения в технологический процесс хромирования цеха №11 ОАО «Балтийский завод»:

1. Замена шестивалентных хроматных растворов (хроматирование) на трехвалентные хромитные растворы (хромитирование)

На сегодняшний день в процессе хромирования цеха №11 используются универсальные электролиты на основе соединений Cr (VI) и H_2SO_4 , рекомендуемые ГОСТ 9.305–84. Однако, соединения шестивалентного хрома могут быть оценены с экологической точки как весьма токсичные и являющиеся канцерогенами: так, применение их запрещено начиная с 2007 года в странах ЕС в соответствии с Директивой комиссии Европейского Сообщества №2002/525, а в России Cr (VI) относится к вредным веществам I класса опасности.

Электролиты на основе Cr (VI) характеризуются высоким выносом токсичных веществ в окружающую среду, а также обеспечивают низкую эффективность использования электроэнергии (Колесников, 2005).

В качестве альтернативы хроматированию (осуществлению процессов хромирования с использованием шестивалентного хрома Cr (VI)) можно рассматривать процессы хромирования в кислых растворах на основе соединений трехвалентного хрома Cr (III) (хромитирование). В растворах трехвалентных хромовых соединений можно получать бесцветные, радужные и черные защитные пленки с высокой коррозионной стойкостью (Михайлов, 2013а).

Рассматриваемая технология является аналогичной технологии хромирования с использованием шестивалентного хрома Cr (VI), описанной ранее для процессов пассивирования в цинковании. Ожидаемые изменения технологических показателей от внедрения технологии использования трехвалентного хрома Cr (III) в процессах хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод», а также современные значения данных показателей представлены в Таблице 19.

Таблица 19. Технологические показатели производственного процесса хромирования при внедрении технологии использования Cr (III)

Технологические показатели	Технология хромирования цеха №11 (использование Cr (VI))	Технология использования Cr (III)
Вынос хрома с отработанными растворами, г/м ²	Cr ⁶⁺ 12,5 ⁽¹⁾	Cr ³⁺ 0,6 ⁽²⁾
Концентрация CrO ₃ , г/л	250	100
Суммарный вынос хрома, г/м²	Cr ⁶⁺ 18,75	Cr ³⁺ 1,6
Расход реагентов на нейтрализацию: -сульфид натрия для восстановления хрома до Cr ³⁺ , г/ м ² ; -щелочь для повышения pH, г/ м ²	20-25 35-40	Не требуется 2-2,5
Расход CrO₃, кг/год - на выполнение программы - в сток	14396,5 5171,2	11324,1 2068,8

⁽¹⁾ Из расчета 0,6 л/ м² (замена раствора производится после обработки 5 м² в литре)

⁽²⁾ Из расчета 0,15 л/ м² (замена раствора производится после обработки 20 м² в литре)

Составлено автором по Технической документации, Михайлов 2013а и результатам расчетов

Необходимо отметить, что переход на применение метода хромирования на массовом производстве, к которому можно отнести и рассматриваемый в рамках данного исследования цех №11, предполагает осуществление модернизации всей линии хромирования. Причиной этому является увеличенное время операции хромирования (от 30 секунд до 2 минут), причем в случае сокращения времени хромирования коррозионная стойкость покрытия будет снижаться. Традиционный процесс в растворах Cr (VI) позволяет осуществлять операцию хромирования за 10-15 секунд.

2. Применение малоконцентрированных растворов электролитов с пониженным содержанием хромового ангидрида.

В качестве второй технологии, рассматриваемой автором данного исследования как НДТ процессов хромирования, выступает технология применения малоконцентрированных электролитов хромирования.

Стандартный электролит хромирования представляет раствор в следующих концентрациях: 250 г/л хромового ангидрида и 5 г/л серной кислоты (Солодкова, 2007). В качестве недостатков данного электролита выделяется токсичность, низкий выход по току, большое внутреннее напряжение покрытий, а также низкая рассеивающая способность электролита, обуславливающая недостаточную эффективность использования энергии.

Суть рассматриваемой технологии заключается в понижении экологической опасности процесса хромирования как следствие использования электролитов с

содержанием хромового ангидрида CrO_3 в 2 раза меньше по сравнению со стандартными электролитами. Данный показатель достигается за счет введения в раствор электролита органической добавки из класса красителей метиловый фиолетовый ($\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_3\text{Cl}$), позволяющей сократить унос электролита с деталей и в вентиляционные системы, то есть повышая стабильность электролита. Введение в состав электролита метилового фиолетового способствует повышению скорости осаждения хрома, увеличению его микротвердости, снижению внутреннего напряжения, повышению выхода хрома по току и наводораживания хромовых покрытий (Патент № 44677). Следует отметить, что рассматриваемые технологические изменения способствуют увеличению экологичности электролитов хромирования за счет снижения $M_{\text{потерь}}$ высокотоксичного Cr(VI) .

Предлагаемый электролит содержит: хромовый ангидрид 100 – 150 г/л; серная кислота 1,5 г/л и метиловый фиолетовый ~ 1,5 г/л. Результаты перехода на использование электролитов с пониженным содержанием хромового ангидрида производственным процессе хромирования цеха №11 ОАО «Балтийский завод» и сопоставление прогнозируемых показателей с фактическими (на современном этапе производственной деятельности цеха) представлены в Таблице 20.

Таблица 20. Технологические показатели производственного процесса хромирования при внедрении технологии использования электролитов с пониженным содержанием хромового ангидрида

Технологические показатели	Технология хромирования цеха №11	Технология использования электролитов с пониженным содержанием хромового ангидрида
Вынос хрома с отработанными растворами, г/м ²	Cr^{6+} 12,5 ⁽¹⁾	Cr^{6+} 1,3 ⁽²⁾
Концентрация CrO_3, г/л	250	150
Концентрация H_2SO_4 , г/л	5	1,5
Концентрация $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{N}_3\text{Cl}$, г/л	0	1,5
Суммарный вынос хрома, г/м²	18,75	2,9
Расход CrO_3, кг/год		
- на выполнение программы	14396,5	12327,3
- в сток	5171,2	3102,7
Расход H_2SO_4, кг/год		
- на выполнение программы	391,72	284,71
- в сток	103,42	31,03

⁽¹⁾ Из расчета 0,6 л/ м² (замена раствора производится после обработки 5 м² в литре)

⁽²⁾ Из расчета 0,2 л/ м² (замена раствора производится после обработки 15 м² в литре)

Составлено автором по данным Технической документации, Патент № 44677 и результатам расчетов

Преимуществами данной технологии по сравнению с применением традиционных растворов электролитов хромирования с точки зрения обеспечения экологической безопасности производства являются:

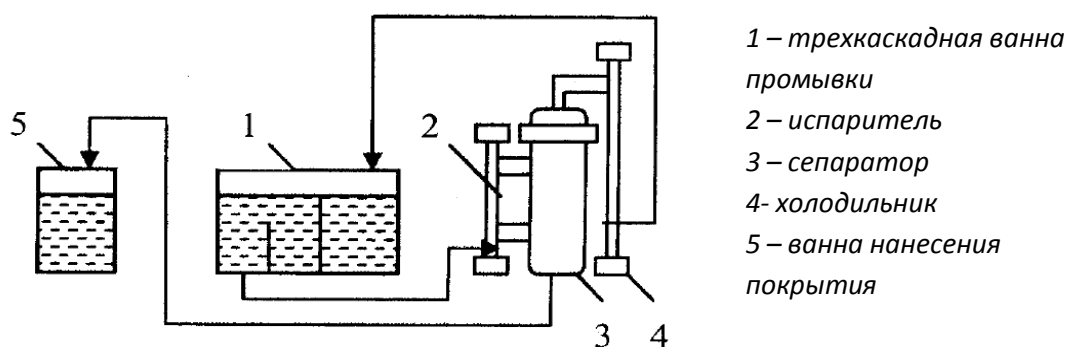
- 1) Сокращение объемов уноса высокотоксичного Cr (VI) и серной кислоты в сточные воды и снижение его концентрации в отработанных растворах;
 - 2) Снижение безвозвратных потерь Cr (VI) во время технологического процесса и его неконтролируемого поступления в окружающую среду;
 - 3) Сокращение частоты замены рабочего раствора за счет поддержания концентрации Cr (VI) на необходимом для осуществления технологического процесса уровне и, как следствие, сокращение объемов сточных вод и нагрузки на очистные сооружения.
3. Технология рециклинга (создание замкнутого безотходного или малоотходного цикла в гальваническом производстве)

В качестве одной из ключевых тенденций современного развития технологических процессов гальванического производства является создание замкнутых малоотходных или безотходных систем, обеспечивающих сокращение до минимума сбросов и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Разработка данных систем осуществляется для всех процессов гальванического производства и на основании единых принципов и методов, в том числе и для рассматриваемых в рамках данного исследования процессов цинкования и хромирования (Прошин, 2013).

В рамках данного исследования автором рассматривается технология дозированного выпаривания для обеспечения замкнутого малоотходного производства гальванического производства. В основу данной технологии положены процессы изъятия хромосодержащих и щелочных растворов промывных вод с последующим извлечением из них ценных компонентов и возвращением в технологические циклы соответствующих гальванических процессов для обеспечения создания замкнутого малоотходного цикла

Метод дозированного выпаривания включает две стадии: первая – получение концентрированного раствора под вакуумом в сепараторе с заданной концентрацией химических компонентов, вторая – возвращение концентрата в ванну нанесения покрытия (Рисунок 8). Основными элементами выпарных установок, используемых в данном методе, являются испаритель, сепаратор и холодильник: образующийся в сепараторе из жидкой и газообразной фаз обрабатываемого раствора/электролита солевой раствор конденсируется в холодильнике и вновь направляется в каскадную ванну промывки. Образующийся в сепараторе солевой раствор дозируется в испаритель до тех пор, пока не в емкости сепаратора не будет достигнута необходимая концентрация по основным компонентам восстанавливаемого раствора (Тулепбаев, 2008).

Рисунок 8. Технологический процесс метода дозированного выпаривания для создания замкнутого технологического процесса



Составлено автором по данным технической документации ОАО «Балтийский завод»

Предложенная автором схема технологии рециклинга рассматривается как технология безотходной операции нанесения покрытия, универсальная для процессов цинкования и хромирования: в результате данного процесса в ванну нанесения покрытия полностью возвращаются компоненты электролитов, уносимые с деталями, а в промывную ванну – чистая вода. Необходимо учитывать, что рассматриваемая технология выпаривания в вакууме может быть определена как энергоемкий процесс.

Ожидаемые изменения технологических показателей от внедрения технологии рециклинга в производственные процессы цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод», а также значения аналогичных показателей при современных технология представлены в Таблицах 21 и 22.

Разработка, внедрение и реализация предложенной технологии рециклинга растворов и электролитов гальванических процессов обеспечивает решение следующих задач в области обеспечения экологической безопасности процессов гальванического производства цеха №11:

- 1) Уменьшение затрат по очистке сточных вод за счет перехода к малоотходному и безотходному производству (очистные сооружения осуществляют функцию только доочистки);
- 2) Экономия ресурсов за счет предотвращения безвозвратных потерь цветных металлов, щелочей, кислот и других компонентов растворов и электролитов;
- 3) Отсутствие необходимости обезвреживания отработанных растворов и электролитов;
- 4) Комплексный экологический эффект за счет значительного сокращения выбросов и сбросов в окружающую среду, в том числе на стадии осуществления очистки гальванических стоков и шламов гальванического производства.

Таблица 21. Технологические показатели производственного процесса цинкования при использовании технологии рециклинга

Технологический показатель	Технология цинкования цеха №11	Технология рециклинга
Технологическая операция химического обезжиривания		
Расход Na_3PO_4, кг/год:		
- на выполнение программы	5116,04	3669,12
-в сток	2781,5	951,1
Расход Na_2CO_3 кг/год:		
- на выполнение программы	4263,35	3057,9
-в сток	2317,9	792,6
Технологическая операция химического травления		
Расход HCl, кг/год:		
- на выполнение программы	30219,3	22142,5
-в сток	16483,2	5913,2
Расход уротропина: кг/год:		
- на выполнение программы	6799,42	4537,1
-в сток	3708,72	1508,4
Технологическая операция цинкования		
Расход ZnO, кг/год:		
- на выполнение программы	6825,0	4710,9
-в сток	2781,5	1460,7
Расход NH_4Cl, кг/год		
- на выполнение программы	27651,2	21624,5
-в сток	9271,8	4708,7
Расход NH_3 , кг/год		
- на выполнение программы	369,2	256,1
-в сток	185,4	78,4
Расход уротропина, кг/год		
- на выполнение программы	6636,3	5278,9
-в сток	2225,2	1078,7
Технологическая операция пассивирования		
Расход реагентов на нейтрализацию		
-сульфид натрия для восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} , г/ м ² ;	20-25	10-13
-щелочь для повышения pH, г/ м ²	35-40	17-20
Расход CrO_3, кг/год		
- на выполнение программы	626,56	388,6
-в сток	309,1	147,5
Расход $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ кг/год		
- на выполнение программы	3759,46	2795,2
-в сток	1854,4	716,6
Расход HNO_3, кг/год		
- на выполнение программы	626,56	552,4
-в сток	309,1	65,4
Расход Na_2SO_4 , кг/год		
- на выполнение программы	1253,22	931,8
-в сток	618,1	238,8

Составлено автором по результатам расчетов

Таблица 22. Технологические показатели производственного процесса хромирования при использовании технологии рециклинга

Технологический показатель	Технология хромирования цеха №11 (на настоящий момент)	Технология рециклинга
Технологическая операция химического обезжиривания		
Расход Na_3PO_4, кг/год:		
- на выполнение программы	2078,86	1830,3
-в сток	1551,36	710,1
Расход Na_2CO_3 кг/год:		
- на выполнение программы	1732,4	1525,3
-в сток	1292,8	591,3
Технологическая операция химического травления		
Расход HCl, кг/год:		
- на выполнение программы	9448,33	7033,1
-в сток	6619,13	2415,8
Расход уротропина: кг/год:		
- на выполнение программы	2125,9	1761,1
-в сток	1489,3	753,1
Технологическая операция хромирования		
Расход реагентов на нейтрализацию:		
-сульфид натрия для восстановления хрома до Cr^{3+} , г/ м ² ;	20-25	10-13
-щелочь для повышения pH, г/ м ²	35-40	17-20
Расход CrO_3, кг/год		
- на выполнение программы	14396,5	10414,7
-в сток	5171,2	2878,9
Расход H_2SO_4, кг/год		
- на выполнение программы	391,72	337,8
-в сток	103,42	46,4
Расход Zn, кг/год		
- на выполнение программы	420,62	374,5
-в сток	103,42	51,6

Составлено автором по результатам расчетов

Результатом проведенного автором анализа НДТ в области цинкования и хромирования были выбраны технологии, наиболее соответствующие технологическим требованиям и характеристикам осуществляемых в цехе №11 гальванических производств, применение которых позволит сохранить или улучшить современные показатели качества изготавливаемой продукции и ее объемов. При выборе НДТ приоритет отдавался технологиям, основанным на замене состава или концентрации компонентов в применяемых растворах на менее экологически опасные при условии технических возможностей цеха реализации данных технологий. Таким образом, в качестве потенциальных НДТ для внедрения в современные процессы цинкования были выбраны технологии использования цинкатных щелочных электролитов, хромирования (на стадии пассивирования) и рециклинга; для внедрения в процесс хромирования цеха №11 ОАО «Балтийский завод» - технологии использования трехвалентных хромитных растворов, использования электролитов с пониженным содержанием хромового

ангидрида и рециклинга. Далее автором осуществляется эколого-экономическая оценка вышеперечисленных технологий для выделения из них двух НДТ (для цинкования и хромирования соответственно), результаты внедрения которых позволят в наибольшей степени достичь целевые показатели осуществления перехода производства на применение наилучших доступных технологий.

3.3 Эколого-экономическая оценка рассматриваемых наилучших доступных технологий для внедрения в существующее гальваническое производство цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

3.3.1 Оценка экологических показателей гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ цинкования и хромирования

Выбор из рассмотренных выше НДТ двух технологий, внедрение которых в существующие производственные процессы цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» при условии сохранения объемов производства будет не только технологически возможным, но и экономически и экологически целесообразным осуществляется на основании комплексной оценки данных технологий, включающей стадии экологической и экономической оценок. На каждой стадии определяется та технология, показатели которой по рассматриваемому параметру наименьшие, с последующим исключением её из перечня потенциальных НДТ для внедрения.

Первая стадия отбора технологии для последующего внедрения в производственный процесс цеха №11 заключается в оценке и сравнении экологических показателей, характеризующих гальваническое производство до и после внедрения рассматриваемых в данной главе НДТ. В качестве показателей, рассматриваемых при оценке НДТ, автором были выбраны экологическая опасность и водопотребление.

Результаты расчета показателей, необходимых для осуществления экологической оценки выбранных ранее НДТ в области цинкования, представлены в Таблице 23.

Расчет показателя экологической опасности для выбранных ранее НДТ в области цинкования при существующих объемах и специфике производственного процесса цеха №11 показал, что наименьшие значения данного критерия – у технологий использования цинкатных щелочных электролитов и рециклинга ($2,2 \cdot 10^6$). Необходимо отметить, что процесс внедрения первой технологии будет сопровождаться снижением экологической опасности всех технологических операций цинкования ниже $1 \cdot 10^6$, а характерным отличием технологии рециклинга является снижение данного показателя для всех операций цинкования и технологического процесса в целом в 2 и более раза.

Таблица 23. Экологическая оценка НДТ в области цинкования и современные значения рассматриваемых показателей

Показатель	Технология цинкования цеха №11 (на настоящий момент)	Технология использования цинкатных щелочных электролитов	Технология хромирования в процессе пассивирования	Технология рециклинга
Экологическая опасность				
Операция химического обезжиривания	$0,2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$
Операция химического травления	$0,8 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$0,4 \cdot 10^6$
Операция цинкования	$3,88 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$3,88 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$
Операция пассивирования	$0,6 \cdot 10^6$	$0,6 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$
Весь процесс цинкования	$5,48 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$	$4,98 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$
Водопотребление				
Годовой расход воды на промывку и в сток, м³	9854,3	8072,9	9554,4	1273,4 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Не учитывая расход охлаждающей воды на рециклинг – 905,6 м³ в год

Составлено автором по результатам расчетов

Сравнение показателя водопотребления, выраженного через годовой расход воды на промывку и в сток, при внедрении каждой из рассматриваемых в данном исследовании НДТ в области цинкования показало, что наибольшее сокращение (более чем в 8 раз) наблюдается для технологии рециклинга. Второй технологией по объемам сокращения показателя водопотребления является технология использования цинкатных щелочных электролитов цинкования.

Таким образом, по результатам экологической оценки потенциальных результатов от внедрения в производственный процесс рассматриваемых в рамках данного исследования НДТ в области цинкования были выбраны две технологии, характеризующиеся наиболее значительными положительными изменениями экологических показателей: технология использования цинкатных щелочных электролитов цинкования и технология рециклинга. Технология хромирования на стадии пассивирования не обеспечивает требуемого сокращения показателей, характеризующих экологически безопасное гальваническое производство, на основании чего данная технология из дальнейшей выборки инструмента обеспечения экологической безопасности и экономической эффективности исключается.

Результаты расчета показателей, необходимых для осуществления экологической оценки выбранных ранее НДТ в области хромирования, представлены в Таблице 24

Таблица 24. Экологическая оценка НДТ в области хромирования и современные значения рассматриваемых показателей.

Показатель	Технология хромирования цеха №11 (на настоящий момент)	Технология использования Cr (III)	Технология малоконцентрированных растворов электролитов	Технология рециклинга
Экологическая опасность				
Операция хим. обезжиривания	$0,2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$
Операция хим. травления	$0,8 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$0,4 \cdot 10^6$
Операция хромирования	$4,6 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$2,35 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$
Весь процесс	$5,6 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$	$3,35 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$
Водопотребление				
Годовой расход воды на промывку и в сток, м³	1024,3	823,2	921,2	136,3⁽¹⁾

⁽¹⁾ Не учитывая расход охлаждающей воды на рециклинг – 679,2 м³ в год

Составлено автором по результатам расчетов

Расчет показателя экологической опасности для выбранных ранее НДТ в области хромирования при существующих объемах и специфике производственного процесса цеха №11 показал, что наименьшие значения данного критерия – у технологии рециклинга ($1,2 \cdot 10^6$), следующей технологией по данному показателю является технология использования трехвалентных хромитных растворов ($2,1 \cdot 10^6$). Процесс внедрения технологии рециклинга будет сопровождаться снижением экологической опасности всех технологических операций хромирования ниже $1 \cdot 10^6$, при внедрении технологии использования Cr (III) показатель экологической опасности процесса непосредственно хромирования незначительно выше $1 \cdot 10^6$.

Сравнение показателя водопотребления, выраженного через годовой расход воды на промывку и в сток, при внедрении каждой из рассматриваемых НДТ в области хромирования показало, что наибольшее сокращение расхода воды (почти в 10 раз) является следствием внедрения в технологический процесс технологии рециклинга. Годовой расход воды при реализации двух остальных рассматриваемых технологий практически одинаковый (на 464 м³ меньше при использовании технологии хромирования).

Таким образом, по результатам экологической оценки прогнозируемых результатов от внедрения в производственный процесс рассматриваемых в рамках данного исследования НДТ в области хромирования были выбраны две технологии, характеризующиеся наиболее значительными положительными изменениями экологических показателей: технология использования трехвалентных хромитных растворов и технология рециклинга. Технология малоконцентрированных растворов электролитов с пониженным содержанием хромового ангидрида характеризуется наименьшей

положительной динамикой базовых экологических показателей, на основании чего дальнейшее ее рассмотрение в процессе выбора оптимальной технологии для обеспечения экологически безопасного и экономически эффективного производства представляется нецелесообразным.

Результатом проведения экологической оценки выбранных по технологическим параметрам НДТ в области цинкования и хромирования как потенциальных инструментов модернизации производственного процесса цеха гальванических покрытий стал выбор двух технологий по каждому направлению, внедрение которых способствует наиболее эффективному процессу экологизации гальванического производства цеха: для процесса цинкования - технология использования цинкатных щелочных электролитов цинкования и технология рециклинга, для процесса хромирования - технология использования трехвалентных хромитных растворов и также технология рециклинга.

3.3.2 Оценка экономических показателей гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ цинкования и хромирования

Вторая стадия отбора технологии для последующего внедрения в производственные процессы цеха №11 - экономическая оценка, заключающаяся в расчете и сравнении совокупного объема затрат (издержек) при осуществлении полного технологического цикла с применением каждой из рассматриваемых НДТ.

Результаты расчета показателей, необходимых для осуществления экономической оценки НДТ в области цинкования, выбранных на стадии экологической оценки, представлены в Таблице 25 (расчет затрат осуществлялся на основе данных, представленных в Приложении 4). Для сравнения затраты в денежном выражении рассчитаны в ценах за один и тот же период.

Как следует из осуществленных автором расчетов, показатель совокупных затрат на осуществление одного производственного цикла цинкования будет меньше на 19% при внедрении в производственный процесс технологии использования цинкатных щелочных электролитов. Сопоставление объема затрат при внедрении каждой из рассматриваемых технологий по всем основным блокам издержек позволяет заключить, что главным недостатком технологии рециклинга является его высокая энергоемкость, причем затраты на энергию не компенсируются даже в результате экономии реагентов и высокой стоимости возвращенных химических компонентов.

Таблица 25. Экономическая оценка НДТ в области цинкования по показателям удельных затрат в течение одного производственного цикла

Ресурсы	Технология использования цинкатных щелочных электролитов	Технология рециклинга
Удельные затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы, руб.		
Na ₃ PO ₄	51 160,4	36 992
Na ₂ CO ₃	27 882,3	19 998,67
HCl	1 541 184,3	1 129 268
Уротропин	591 549,5	853 992
ZnO	445 396,1	793 768,6
NaOH	1 211 805	-
NH ₄ Cl	-	1 513 715
NH ₃	-	10 244
Клей столярный	-	41 661,5
CrO ₃	46 037,5	56 347
Na ₂ Cr ₂ O ₇	152 408,0	21 802,56
HNO ₃	23 177,5	40 325,2
Na ₂ SO ₄	41 281,5	60 567
Итого:	4 131 882,10	4 578 681,53
Удельные затраты на энергию всех видов, руб.		
Вода	44 723,8	12 071,6 ⁽¹⁾
Электроэнергия	2 264 275,3	3 195 393,7
Пар	193 221,6	405 772,4
Итого:	2 502 220,7	3 613 237,7
Удельные затраты на труд, руб.		
Годовой фонд заработной платы	5 460 000	6 300 000
Отчисления на социальное страхование	1 419 600	1 638 000
Итого:	6 879 600	7 938 000
ИТОГО	13 513 702,8	16 129 919,2

⁽¹⁾ – с учетом расхода охлаждающей воды на рециклинг

Составлено автором по результатам расчетов

Таким образом, по результатам экономической оценки двух рассматриваемых НДТ в области цинкования было установлено, что с экономической точки зрения (сокращение производственных затрат, снижение себестоимости продукции, экономия сырья и ресурсов) более выгодной для ОАО «Балтийский завод» является технология использования цинкатных щелочных электролитов.

Результаты расчета показателей, необходимых для осуществления экономической оценки НДТ в области хромирования, выбранных на стадии экологической оценки, представлены в Таблице 26 (расчет затрат осуществлялся на основе данных, представленных в Приложении 5). Для сравнения затраты в денежном выражении рассчитаны в ценах за один и тот же период.

Таблица 26. Экономическая оценка НДТ в области хромирования по показателям удельных затрат в течение одного производственного цикла

Ресурсы	Технология использования Cr (III)	Технология рециклинга
Удельные затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы, руб.		
Na ₃ PO ₄	20788	18303
Na ₂ CO ₃	11329,9	9975,5
HCl	481863,3	358688,1
Уротропин	184953,3	153215,7
CrO ₃	2087492,5	1510131,5
H ₂ SO ₄	11751,6	10134
Zn	29969,7	26065,2
Итого:	2 828 148	2 086 513
Удельные затраты на энергию всех видов, руб.		
Вода	4560,5	755,1
Электроэнергия	15 335 520	16 035 920
Пар	63 562,7	135 418,1
Итого:	15 403 643,2	16 172 113,2
Удельные затраты на труд, руб.		
Годовой фонд заработной платы	3 780 000	4 350 000
Отчисления на социальное страхование	982 800	1 131 000
Итого:	4 762 800	5 481 000
ИТОГО	22 994 591,2	23 739 626,2

(1) – с учетом расхода охлаждающей воды на рециклинг

Составлено автором по результатам расчетов

Как следует из осуществленных автором расчетов, показатели совокупных затрат на осуществление одного производственного цикла хромирования при использовании рассматриваемых на данной стадии оценки НДТ практически одинаковые (итоговые затраты технологии использования трехвалентных хромитных растворов на 5% ниже совокупных затрат при осуществлении технологического процесса с применением рециклинга). Технология рециклинг характеризуется меньшими затратами на сырье, основные и вспомогательные материалы (на 26%), однако, так же как и при осуществлении процесса цинкования, уступает по объему затрат на энергию и труд.

Таким образом, по результатам экономической оценки двух рассматриваемых НДТ в области хромирования было установлено, что с экономической точки зрения (сокращение производственных затрат, снижение себестоимости продукции, экономия сырья и ресурсов) более выгодной для ОАО «Балтийский завод» является технология использования трехвалентных хромитных растворов.

На основании осуществленной в данном разделе комплексной эколого-экономической оценки выбранных по технологическим параметрам НДТ в области цинкования и хромирования для последующего внедрения в производственные процессы

цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» были выбраны как наиболее эффективные по экономическим и экологическим показателям следующие технологии: для процесса цинкования – технология использования цинкатных щелочных электролитов цинкования, для процесса хромирования – технология использования трехвалентных хромитных растворов (хромитирование).

Процесс внедрения в осуществляемое гальваническое производство цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» выбранных в рамках данного исследования технологий рекомендуется осуществлять на основании разработанного автором Технического задания (см. Приложение 6).

На основании осуществленного в Главе 3 анализа НДТ в области цинкования и хромирования на предмет соответствия их существующим производственным мощностям и характеристикам гальванического производства ОАО «Балтийский завод» с последующей эколого-экономической оценкой потенциального эффекта от их реализации в современных условиях, было установлено, что результат от внедрения различных НДТ в производственный процесс цеха будет различным. Следовательно, переход производства на использование НДТ необходимо осуществлять с учетом как технологических и производственных требований, так и с расчетом предполагаемого экологического и экономического эффекта как целевого показателя внедрения. В результате проведенного сравнительного анализа автором были выбраны две НДТ, внедрение которых в существующее гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» может быть оценено как наиболее результативное с точки зрения снижения экологической нагрузки цеха №11 на окружающую среду и сокращения производственных затрат без потери качества и объема производимой продукции.

Глава 4. Экономическая эффективность внедрения технологий использования цинкатных щелочных электролитов и трехвалентных хромитных растворов в технологические процессы гальванического производства ОАО «Балтийский завод»

4.1. Анализ показателей финансово-экономической активности производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» и выбор источников финансирования процесса перехода на наилучшие доступные технологии

Рассматриваемый в рамках данного исследования процесс перехода цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» на применение в производственных процессах наилучших доступных технологий предполагает выбор потенциального источника финансирования данных мероприятий, а также оценку возможностей и угроз его осуществления с экономической точки зрения. Так как процесс перехода на НДТ является длительным и на начальных этапах рассматривается как статья расходов предприятия (положительный экономический эффект от перехода на НДТ появляется только после окончательного перехода всего производственного процесса и полной окупаемости проводимых в процессе внедрения мероприятий), то одним из важных аспектов проводимого исследования перехода на НДТ является анализ финансовых показателей современной производственной деятельности завода и оценка его экономической устойчивости как одного из условий реализации инновационных проектов.

Финансирование перехода на НДТ производственных процессов одного из структурных подразделений ОАО «Балтийский завод» может быть отнесено к категории затрат на осуществление «Программы инновационного развития на период 2011-2020 года» и «Программы Технического перевооружения и реконструкции производственного комплекса ОАО «Балтийский завод» на период 2011-2020 гг.». Следовательно, реализация данного процесса возможна при условии высоких показателей финансовой устойчивости и наличии венчурного капитала, используемого в операционной деятельности, основанной применении принципиально новых технологий или связанной с производством принципиально новой продукции. Для оценки уровня финансовой ОАО «Балтийский завод» автором осуществляется анализ основных финансово-экономических показателей, характеризующих экономическую эффективность осуществляемой производственной деятельности и современные балансовые показатели завода.

Анализ экономических показателей деятельности завода проводится за период 2014-2015 года в соответствии со статистическими данными, представленными в Годовом отчете общества за 2015 год. Необходимо учитывать, что большой объем заказов со

стороны ВМФ Российской Федерации и специфика производственной деятельности предприятия обусловили ограничения доступности и открытости ряда финансовых показателей. Также при анализе финансовых показателей производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» учитывались специфические особенности производственных процессов предприятия: длительность производственного цикла (от 20 до 32 месяцев), обуславливающая существенные колебания объемов доходов и расходов по годам, а также высокие показатели доли материальных затрат, превышающие 60%.

Основным видом производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» является проектирование, строительство и ремонт судов гражданского и военного назначения (код ОКВЭД – 35.11), однако помимо основной деятельности на предприятии осуществляются смежные и вспомогательные производства (деревообработка, гальваническое производство, трубомедницкое производство и т.д.), направленные как на удовлетворение собственных потребностей, так и для потребления в рамках межзаводской кооперации (Оф. сайт ОАО «Балтийский завод»).

По данным на конец 2015 года ОАО «Балтийский завод» является одним из наиболее крупных производственных предприятий Санкт-Петербурга, обеспечивающим формирование почти 1% ВРП города. На производственных мощностях завода успешно реализуется ряд контрактов для отечественных и зарубежных заказчиков: в активной стадии строительства находятся две серии из шести подводных лодок (проект 636.1 для иностранных ВМС и проект 636.3 для ВМФ России), осуществляются швартовные испытания на научно-экспедиционном судне «Академик Трёшников» и строительство спасательного судна «Игорь Белоусов» со спасательным глубоководным аппаратом «Бестер-1» на борту. Современные производственные мощности предприятия, представленные двумя открытыми наклонными стапелями, пятью крытыми эллингами и двумя плавучими доками, определяют возможность строительства современных судов дедвейтом до 70 000 тонн (Годовой отчет, 2015).

В качестве ключевого балансового показателя финансового состояния ОАО «Балтийский завод» автором рассматривается структура капитала, представляющая совокупность финансовых ресурсов данного предприятия, т.е. соотношение собственных и заемных финансовых средств, используемых в процессе хозяйственной деятельности завода. Структура капитала определяет аспекты не только финансовой, но также операционной и инвестиционной деятельности, влияющие на динамику показателей рентабельности активов и собственного капитала, коэффициентов финансовой устойчивости и ликвидности, а также формирующие соотношение доходности и риска в

процессе развития предприятия. В обобщенном виде финансовый капитал предприятия подразделяется на собственный и заемный.

Собственный капитал ОАО «Балтийский завод» включает в себя вложенный капитал (инвестированный акционерами и собственником уставный, добавочный и резервный капиталы, целевые поступления) и нераспределенную прибыль предприятия (Таблица 27).

Таблица 27. Структура собственного капитала ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Код	На 31 декабря 2015г.
Уставный капитал	1310	14 508 261
Переоценка внеоборотных активов	1340	12 903 612
Добавочный капитал (без переоценки)	1350	285 221
Резервный капитал	1360	315 413
Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)	1370	2 268 755
Прибыль отчетного года	1371	5 257 889
Итого по разделу	1300	25 743 752

Составлено автором по Годовой отчет, 2015.

Величина уставного капитала ОАО «Балтийский завод» по данным на 31.12.2015 составляет 14 508 261 тыс. руб., при этом рост данного показателя за период 2015 года составил 2 061 000 тыс. руб. вследствие дополнительного выпуска ценных бумаг (согласно Отчету об итогах дополнительного выпуска ценных бумаг). Данные акции были получены Федеральным агентством по управлению государственным имуществом (ФАУГИ), т.е. были переданы и оплачены государством (Годовой отчет, 2015)

Величина добавочного капитала ОАО «Балтийский завод» по данным на конец 2015 года составляла 285 221 тыс.руб., источниками формирования данного вида капитала выступают эмиссионный доход по дополнительно размещенным акциям и положительная курсовая разница от пересчетов стоимости активов и обязательств, используемых для осуществления деятельности предприятия за пределами Российской Федерации.

Величина резервного капитала, в соответствии с Уставом ОАО «Балтийский завод», составляет 5% от размеров уставного капитала, по данным на 31.12.2015 г. данный показатель составлял 315 413 тыс. руб. (т.е. 2,2% от величины уставного капитала). Необходимо отметить, что формирование и пополнение резервного капитала в 2015 году (на сумму 128 768 руб.) осуществлялось за счет чистой прибыли предприятия за 2014 год. (Годовой отчет, 2015).

Величина нераспределенной прибыли (непокрытого убытка) ОАО «Балтийский завод» за 2015 год сократилась на 3 841 497 руб., что обусловлено прибылью, полученной в результате экономической активности предприятия за финансовый год за вычетом суммы отчислений в резервный капитал и выплаты дивидендов по акциям. В целом отмечается устойчивая тенденция сокращения непокрытого убытка, сформировавшегося в балансе акционерного общества в 2010 году (Годовой отчет, 2015)

Итоговая величина собственного капитала ОАО «Балтийский завод» по данным на 31.12.2015 составила 25 743 752 тыс. руб., что на 20% выше аналогичного показателя за предыдущий год, основными факторами увеличения данного показателя выступили чистая прибыль предприятия (за 2014 г.) и дополнительный выпуск акций. (Годовой отчет, 2015).

Структура заемного капитала ОАО «Балтийский завод» состоит из кратко- и долгосрочных обязательств, под которыми понимаются кредитные и заемные обязательства и кредиторская задолженность со сроком погашения менее 1 года (краткосрочные) и более года (долгосрочные обязательства). Совокупная величина долгосрочных обязательств по состоянию на 31.12.2015 г. составляла 30 946 862 тыс.руб. (основная составляющая, характеризующая стабильным ростом абсолютного показателя – кредиторская задолженность), краткосрочных – 30 720 916 руб.(основные источники – кредиторская задолженность и оценочные обязательства) (Таблица 28). Совокупная величина заемного капитала предприятия на конец 2015 года составляла 61 667 778 руб., что более чем в 2 раза больше собственного капитала ОАО «Балтийский завод».

Таблица 28. Структура заемного капитала ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Код	На 31 декабря 2015г.
ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА		
Заемные средства	1410	7 698 012
Отложенные налоговые обязательства	1420	1 491 429
Кредиторская задолженность	1451	21 757 421
Итого по разделу	1400	30 946 862
КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА		
Заемные средства	1510	6 373 426
Кредиторская задолженность	1520	13 613 966
Авансы полученные	1521	11 111 032
Отложенная выручка	1522	791 774
Доходы будущих периодов	1530	1 069
Оценочные обязательства	1540	10 732 455
Итого по разделу	1500	30 720 916
БАЛАНС	1700	87 176 663

Составлено автором по Годовой отчет, 2015

По состоянию на 31.12.2015 года сумма полученных долгосрочных кредитов ОАО «Балтийский завод» уменьшилась на 1 976 367 тыс. руб. Основными банками-кредиторами предприятия выступают Банк ВТБ и Сбербанк России. Величина краткосрочных заемных средств предприятия на конец 2015 года составила 12 067 609 тыс. руб. (Годовой отчет, 2015).

Анализ динамики показателя долговой нагрузки ОАО «Балтийский завод» позволяет заключить о способности предприятия погасить имеющиеся обязательства, взвешенной политике заимствований и отсутствии проблем с погашением долгов.

Таким образом, на конец 2015 года суммарный показатель финансового капитала ОАО «Балтийский завод» составлял 87 411 530 тыс.руб.

Если рассматривать капитал ОАО «Балтийский завод» с точки зрения материально-вещественного подхода, то его составными компонентами следует понимать основной и оборотный капиталы. Основной капитал предприятия формируется за счет материальных факторов длительного пользования и включает в себя основные фонды, незавершенное строительство и долгосрочные инвестиции, представляющие денежные средства, направленные на прирост запаса капитала

Совокупный показатель основных средств производства ОАО «Балтийский завод» на 31.12.2015 г. составил 21 805 973 тыс. рублей (Таблица 29), наибольшая доля в нем представлена земельными участками и объектами природопользования (66%) и машинами и оборудованием (20%). По сравнению с аналогичными показателями 2014 года отмечается рост темпов обновления основных средств производственного назначения (показатель коэффициента обновления за 2015г. – 0,07, за 2014 г. – 0,053). Выбытие основных средств (стоимость выбывших основных средств производства – 10 845 тыс. руб) обусловлено их полным износом или продажей при отсутствии перспективы их дальнейшего использования. (Годовой отчет, 2015).

Таблица 29. Основные средства ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Код	Период	Первоначальная стоимость
Основные средства (без учета доходных вложений в материальные ценности)	5200	За 2015г	21 805 973
	5210	За 2014г	20 473 962
Здания	5201	За 2015г	1 955 665
	5211	За 2014г	1 826 578
Сооружения и передаточные устройства	5202	За 2015г	796 832
	5212	За 2014г	741 791
Машины и оборудование	5203	За 2015г	4 289 666
	5213	За 2014г	3 167 540
Транспортные средства	5204	За 2015г	219 432
	5214	За 2014г	195 890
Производственный и хозяйственный инвентарь	5205	За 2015г	38 220
	5215	За 2014г	35 989
Многолетние насаждения	5206	За 2015г	103
	5216	За 2014г	103
Другие виды основных средств	5207	За 2015г	2 941
	5217	За 2014г	2 957
Земельные участки и объекты природопользования	5208	За 2015г	14 503 114
	5218	За 2014г	14 503 114

Составлено автором по Годовой отчет, 2014, 2015.

Величина незавершенных капитальных вложений ОАО «Балтийский завод», представленных незавершенным строительством и незаконченными операциями по модернизации основных средств на 31.12.2015 г. составила 1 761 642 тыс. руб. (Таблица 30), что на 10,5% меньше аналогичного показателя за 2014 г. (Годовой отчет, 2015).

Таблица 30. Незавершенные капитальные вложения ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Код	Период	На конец периода
Незавершенное строительство и незаконченные операции в том числе:	5240	За 2015г	1 761 642
	5250	За 2014г	1 947 340
Незавершенное строительство	5241	За 2015г	332 921
	5251	За 2014г	139 038
Модернизация	5242	За 2015г	39 672
	5252	За 2014г	31 596
Реконструкция	5243	За 2015г	311 516
	5253	За 2014г	378 629
Приобретение	5244	За 2015г	672 525
	5254	За 2014г	1 224 457
Авансы на капитальные вложения	5245	За 2015г	405 008
	5255	За 2014г	173 620

Составлено автором по Годовой отчет, 2014, 2015.

Под оборотным капиталом предприятия понимаются финансовые ресурсы, используемые только в одном производственном цикле и переносимые на стоимость выпускаемой продукции сразу.

Величина оборотного капитала ОАО «Балтийский завод» на 31.12.2015 года составила 33 273 646 тыс. рублей (Таблица 31), что выше аналогичного показателя за 2014 год на 13% (Годовой отчет, 2015). Наибольшее увеличение показателя отмечается по статье прочие затраты. В качестве основной статьи, формирующей оборотный капитал ОАО «Балтийский завод», выступают материальные затраты (49,5% от общего показателя оборотного капитала), что обусловлено высокой материалоемкостью большинства производственных процессов ОАО «Балтийский завод» и высокой загрузкой его производственных мощностей. Более подробная детализация балансовой стоимости оборотных активов отсутствует вследствие закрытого формата данных по работам, выполняемым по заказу ВМФ РФ.

Таблица 31. Динамика и структура оборотного капитала ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Код	За 2015 г.	За 2014 г.
Материальные затраты	5610	16 460 496	18 734 754
Расходы на оплату труда	5620	5 107 621	4 513 891
Отчисления на социальные нужды	5630	1 614 073	1 341 828
Амортизация	5640	641 275	602 483
Прочие элементы	5650	9 450 181	3 771 259
Итого	5660	33 273 646	28 964 215

Составлено автором по Годовой отчет, 2014, 2015.

Помимо величины и структуры капитала предприятия к показателям, характеризующим финансово-экономическую активность, эффективность и результативность производственной деятельности, а также экономическую и финансовую устойчивость относятся чистая прибыль, выручка от продаж и чистые активы предприятия.

Важнейшим показателем экономической эффективности осуществляемых предприятием производственных процессов, отражающим инвестиционную привлекательность, платежеспособность, устойчивое развитие, результативность производственной деятельности и, как следствие, определяющим перспективы дальнейшего развития, является чистая прибыль предприятия. Под чистой прибылью понимается итоговая норма прибыли, которая остается после вычета всех затрат, включая налоги. Формула расчета чистой прибыли предприятия по балансу предприятия выглядит следующим образом:

Чистая прибыль (стр. 2400) = Выручка (стр.2110) – Себестоимость продаж (стр.2120) – Коммерческие расходы (стр.2210) – Управленческие расходы (стр.2220) – Доходы от участия в других организациях (стр.2310) – Проценты к получению (стр.2320) – Проценты к уплате (стр.2330) – Прочие доходы (стр.2340) – Прочие расходы (стр.2350) – Текущий налог на прибыль (стр.2410) (Годовой отчет, 2015).

Динамика чистой прибыли ОАО «Балтийский завод» имеет устойчивую тенденцию роста: величина данного показателя на 31.12.2015 год составляет 5 257 889 тыс. руб., что на 104% больше аналогичного показателя за 2014 год (см. Таблица 32). В качестве основных причин роста чистой прибыли ОАО «Балтийский завод» можно выделить значительный прирост выручки предприятия вследствие завершения 6 судовых заказов и рост курса доллара в конце 2015 года.

Таблица 32. Чистая прибыль ОАО «Балтийский завод»

Наименование	Код	За 2015 г.	За 2014 г.
Выручка	2110	45 287 421	36 386 181
Себестоимость продаж	2120	(25 241 858)	(26 365 865)
Коммерческие расходы	2210	(7 878 799)	(3 805 625)
Управленческие расходы	2220	(2 487 201)	(2 139 482)
Доходы от участия в других организациях	2310	4	29
Проценты к получению	2320	734 160	339 881
Проценты к уплате	2330	(1 252 666)	(1 490 092)
Прочие доходы	2340	2 428 931	2 103 305
Прочие расходы	2350	(5 047 797)	(1 715 312)
Текущий налог на прибыль	2410	(1 852 592)	(261 238)
Чистая прибыль (убыток)	2400	5 257 889	2 575 347

Составлено автором по Годовой отчет, 2015,2016

Анализ распределения чистой прибыли ОАО «Балтийский завод» в 2015 году показывает, что основными мероприятиями ее реализации стали выплата дивидендов и покрытие убытков прошлых лет (сокращение непокрытого убытка).

Значительный прирост чистой прибыли ОАО «Балтийский завод» позволяет характеризовать процессы управления предприятием как результативные и способствующие привлечению новых акционеров. Положительная динамика чистой прибыли может рассматриваться как благоприятное условие для разработки и реализации стратегий и планов по ее увеличению на оперативном уровне, а также как источник отчислений в резервные и производственные фонды и фонды заработной платы.

Показатель выручки от реализации продукции характеризует производственно-реализационную результативность деятельности предприятия. По данным на 31.12.2015 года выручка ОАО «Балтийский завод» от реализации продукции, под которой понимаются производственные заказы и реализация товаров, работ и услуг, составила 45 287 421 тыс. руб, что на 25% выше аналогичного показателя за 2014 год (Таблица 33). Ключевым источником дохода по данной балансовой статье выступают заказы с длительным циклом производства (94%), выручка от которых оценивается по мере их готовности. В целом для данного показателя характерна тенденция ежегодного роста, динамика определяется графиком строительства заказов и производственной программой предприятия. Значительный рост показателя выручки за 2015 год обусловлен сдачей крупного государственного заказа и выполнением услуг для иностранных заказчиков: две дизель-электрические подводные лодки (далее – ДЭПЛ) для иностранных заказчиков, две ДЭПЛ для ВМФ Российской Федерации, одно судно-спасатель и глубоководный аппарат для ВМФ Российской Федерации.

Таблица 33. Выручка от реализации продукции ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	Выручка без НДС
1. Заказы с длительным циклом производства, выручка и расходы по которым признаются «По мере готовности»	42 579 421
2. Прочие заказы	2 206 153
3. Сдача имущества в аренду	24 199
4. Заказы гарантийного ремонта	-
5. Предстоящие расходы	-
6. Реализация товаров (работ, услуг) обслуживающими хозяйствами в том числе:	477 648
ВСЕГО за 2015 г.	45 287 421

Составлено автором по Годовой отчет, 2015.

Под чистыми активами предприятия понимается «величина, определяемая как результат вычитания из суммы активов организации суммы ее обязательств» (в соответствии с Приказом Минфина России от 28 августа 2014 г. №84н "Об утверждении Порядка определения стоимости чистых активов"), тем самым показывая финансовые

средства, обеспечиваемые собственным капиталом предприятия, и характеризуя его финансовую устойчивость и платежеспособность. Величина чистых активов ОАО «Балтийский завод» на 31.12.2015 г. составила 25 744 821 тыс. руб., что составляет 177,4% от величины уставленного капитала акционерного общества (Годовой отчет, 2015). Положительное изменение стоимости чистых активов произошло за счет роста чистой прибыли, средств, поступивших на увеличение уставного капитала и роста добавочного капитала. Если рассматривать динамику показателя чистых активов ОАО «Балтийский завод» за период 2013-2015 гг. (Таблица 34), то можно отметить устойчивую динамику роста. Увеличение показателя чистых активов предприятия свидетельствует о наличии финансовых средств на расширение и модернизацию производственных мощностей, что в перспективе способствует увеличению размеру получаемой чистой прибыли.

Таблица 34. Динамика показателя чистых активов ОАО «Балтийский завод»

Наименование показателя	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Чистые активы на конец года	19 003 402	20 622 232	25 744 821

Источник: Годовой отчет, 2013, 2014, 2015

Рассматриваемый в рамках данного исследования процесс перехода цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» на применение НДТ в обобщенном виде можно определять как организованный по проектному принципу (проект внедрения новых технологий в производственные процессы), следовательно одним из основных практических аспектов его реализации является выбор источников финансирования.

Жизненный цикл любого проекта традиционно разделяется на три стадии: разработка, реализация и эксплуатация. Привлечение источников финансирования является необходимым условием осуществления первых двух стадий жизненного цикла проекта, в качестве наиболее эффективной методики реализации проекта, обеспечивающей распределение и минимизацию рисков, является проектное финансирование, при котором финансовые средства привлекаются из различных источников, а сами вложения носят долгосрочный характер (Бек, 2011).

Базовой задачей выбора источников финансирования для каждой стадии рассматриваемого в рамках данного исследования процесса перехода на НДТ цеха №11 является привлечение финансовых ресурсов из дифференцированных источников с учетом внешних и внутренних факторов развития ОАО «Балтийский завод» и определяемых с учетом принципа максимизации доходов.

Методика выбора оптимального источника финансирования для каждой стадии осуществления процесса перехода на НДТ включает формирования перечня возможных источников финансирования, определение ограничений их применения с последующей

выборкой оптимальных вариантов, расчет стоимости их привлечения с последующей выборкой на основании анализа показателей годовой процентной ставки и эффективной процентной ставки на весь период реализации процесса (Колесников, 2005).

Основными источниками финансирования проектов являются самофинансирование, бюджетное финансирование, банковское кредитование, лизинговое финансирование, коммерческое кредитование, реализация вексельных программ, а также финансирование через рынок капитала.

Анализ финансово-экономических показателей производственной деятельности ОАО «Балтийский завод» определил положительные тенденции динамики собственного капитала предприятия, обусловленные в том числе абсолютным ростом показателя чистой прибыли. Финансовое положение предприятие было определено как устойчивое, что позволяет рассматривать возможности долгосрочного кредитования инновационных и инвестиционных проектов как дополнительного источника финансирования собственного развития, определяющего в перспективе дальнейший прирост чистых активов и чистой прибыли.

На стадии разработки перехода цеха №11 на НДТ подготовка проектной документации, контрактов, бизнес-плана, технических заданий и прочих мероприятий данной стадии предполагают определенные расходы, обеспечение которых целесообразно осуществлять за счет вложения собственных средств (самофинансирование). Основными источниками финансирования на данной стадии могут рассматриваться использование чистой прибыли ОАО «Балтийский завод» и финансовые ресурсы резервного фонда предприятия.

Стадия реализации процесса перехода цеха гальванических покрытий на НДТ будет характеризоваться увеличением затрат, обусловленным необходимостью приобретения дорогостоящего оборудования и материалов, на основании чего в качестве возможного источника привлечения средств помимо собственных средств следует рассматривать использование заемных средств: лизинговое финансирование, долгосрочное кредитование, облигационные займы и т.д., однако данные источники позиционируются как вспомогательные и дополняющие самофинансирование.

Таким образом, в качестве оптимального источника финансирования, рассматриваемого в качестве основного, автором предлагается финансирование перехода цеха гальванических покрытий на НДТ за счет собственных средств ОАО «Балтийский завод» (в размере 100% на стадии разработки и в размере более 50% на стадии реализации), что обусловлено наличием достаточных финансовых ресурсов в собственном капитале предприятия. Дополнительным источником финансирования рассматриваются

заемные средства, выражаемые в форме долгосрочного кредитования и используемые для финансирования дорогостоящих операций, реализация которых за счет венчурного капитала ОАО «Балтийский завод» не представляется рациональной.

4.2. Расчет показателей эколого-экономической эффективности от внедрения НДТ в технологические процессы цинкования и хромирования цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»

4.2.1 Расчет показателя экологического ущерба от гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ

Определение автором показателей экономической эффективности от внедрения в технологические процессы гальванического производства ОАО «Балтийский завод» НДТ в области цинкования и хромирования, выбранных на основании осуществленных в Главе 3 данного исследования эколого-экономической оценки и последующей выборки, базируется на сопоставлении показателей рассматриваемых НДТ (технология использования цинкатных щелочных электролитов – в цинковании и технология использования трехвалентных хромитных растворов – в хромировании) со значениями аналогичных показателей исходного варианта, под которым следует понимать современные технологические процессы гальванического производства цеха №11.

Первым показателем, расчет которого осуществляется в рамках решения задачи обеспечения экологически безопасного гальванического производств, является показатель экологического ущерба.

В качестве ущерба в рамках данного исследования рассматриваются фактические или возможные потери, возникающие в результате каких-либо событий или явлений, в частности негативных изменений в окружающей среде как результат антропогенного воздействия.

Под экологическим ущербом в рамках данного исследования понимаются фактические и возможные экономические издержки, обусловленные загрязнением природной среды (в том числе прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию негативных последствий загрязнения), потерями, определяющими ухудшение здоровья населения и сокращение трудового периода деятельности и качества жизни местного населения (Рюмина, 2009). Таким образом, экологический ущерб представляет стоимостное выражение вреда окружающей среде в результате производственной деятельности предприятия.

Определение эколого-экономической оценки ущерба окружающей природной среде заключается в определении фактических и возможных (предотвращаемых) материальных и финансовых потерь и убытков от изменения качественных и количественных параметров окружающей природной среды в целом и ее отдельных ресурсных компонентов (атмосферный воздух, водные ресурсы, земельные ресурсы, ресурсы растительного и животного мира) (Рюмина, 2009).

В рамках данного исследования автором для расчета показателя экологического ущерба гальванического производства используется метод укрупненной экономической оценки (Рюмина, 2009):

$$Y = Y_{\text{ущ}} \cdot \sigma_k \cdot \sum_{i=1}^n N_i, \text{ где}$$

$Y_{\text{ущ}}$ - удельный ущерб от сброса одной условной тонны загрязняющего вещества,

σ_k - безразмерный коэффициент, учитывающий факторы восприятия (для территории расположения ОАО «Балтийский завод» составляет 0,47– территория устья Невы) (Схема бассейна Невы),

$\sum_{i=1}^n N_i$ - суммарный показатель приведенных масс сбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ после системы очистки предприятия.

Расчет удельного ущерба от сброса одной условной тонны вещества осуществляется по следующей формуле (Рюмина, 2009):

$$Y_{\text{ущ}} = \gamma \cdot K_u, \text{ где}$$

γ - экономическая оценка единицы условной нагрузки воздействия на реципиентов, в стоимостном выражении (руб./усл.тонну), принимаемая за 400 руб./усл.тонн

K_u - индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Министерством экономического развития Российской Федерации на рассматриваемый период и доводимый Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды до территориальных природоохранных органов, принимаемый за 2016 год как 5,38;

$$Y_{\text{ущ}} = 400 \cdot 5,38 = 2152 \text{ руб/год}$$

Расчет приведенных масс сбрасываемых веществ после очистки сточных вод гальванического производства осуществляется по следующей формуле (Рюмина, 2009) (см. Приложение 8,9,10,11):

$$N_i = M_i \cdot A_i, \text{ где}$$

M_i - масса сбрасываемых веществ в окружающую среду после очистки, т/год;

A - показатель относительной экологической вредности i – го загрязняющего вещества, рассчитываемый по формуле (Рюмина, 2009):

$$A_i = \frac{1}{ПДК}$$

где ПДК – предельно допустимые концентрации веществ для водоемов рыбохозяйственного назначения (как наиболее жесткие).

Расчет массы сбрасываемых веществ после очистки осуществляется по формуле (Рюмина, 2009):

$$M_i = C_{ст.в.}^{после} \cdot V_{ст.в.}^{год}, \text{ где}$$

$C_{ст.в.}^{после}$ - концентрация загрязняющих веществ в сточных водах после системы очистки, принимаемая как 7 % от концентрации веществ в стоке до очистки ($C_{ст.в.}^{до}$), г/м³;

$V_{ст.в.}^{год}$ - годовой объем стока, м³/год.

На основании осуществленных расчетов были получены следующие показатели экологического ущерба:

- Процесс цинкования

Показатель экологического ущерба при современных технологиях осуществления процесса цинкования ОАО «Балтийский завод» (Приложение 8):

$$Y_{н.вр.} = 2152 \cdot 0,47 \cdot 82,04 = 82980,23 \text{ руб/год}$$

Показатель экологического ущерба при внедрении технологии использования цинкатных щелочных электролитов цинкования в производственный процесс ОАО «Балтийский завод» (Приложение 9):

$$Y_{НДТ} = 2152 \cdot 0,47 \cdot 20,06 = 20284,92 \text{ руб/год}$$

Таким образом, внедрение наилучшей доступной технологии использования цинкатных щелочных электролитов в современные производственные процессы ОАО «Балтийский завод» позволит сократить экологический ущерб от осуществляемого в цехе цинкования на 75,5%.

- Процесс хромирования.

Показатель экологического ущерба при современных технологиях осуществления процесса хромирования ОАО «Балтийский завод» (Приложение 10):

$$Y_{н.вр.} = 2152 \cdot 0,47 \cdot 141,88 = 188777,35 \text{ руб/год}$$

Показатель экологического ущерба при внедрении технологии использования трехвалентных соединений хрома (Cr^{3+}) в производственный процесс хромирования ОАО «Балтийский завод» (Приложение 11):

$$Y_{\text{НДТ}} = 2152 \cdot 0,47 \cdot 29,31 = 75780,76 \text{ руб/год}$$

Таким образом, внедрение наилучшей доступной технологии использования трехвалентных хромитных растворов в современные производственные процессы ОАО «Балтийский завод» позволит сократить экологический ущерб от осуществляемого в цехе хромирования на 59%.

На основании расчетов показателя экологического ущерба было установлено, что следствием внедрения наилучших доступных технологий, выбранных на основании эколого-экономической оценки из массива НДТ соответствующих направлений, в осуществляемое гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» является значительное сокращение экологического ущерба в результате деятельности цеха: на 75% для процесса цинкования и на 80% для процесса хромирования.

4.2.2 Расчет показателя предотвращенного экологического ущерба от гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ

Вторым показателем, расчет которого осуществляется в рамках решения задачи обеспечения экологически безопасного гальванического производств, является показатель предотвращенного экологического ущерба.

Под предотвращенным экологическим ущербом от загрязнения сточных вод гальванического производства автором понимается оценка в денежной форме возможных отрицательных последствий окружающей среде, которые возможно предотвратить при внедрении выбранных наилучших доступных технологий в производственные процессы цинкования и хромирования ОАО «Балтийский завод» (Рюмина, 2009).

Расчет предотвращенного экологического ущерба осуществляется по формуле (Колесников, 2005):

$$Y_{\text{пред.}} = Y_{\text{ущ}} \cdot \sigma_{\kappa} \cdot \Delta N, \text{ где}$$

$Y_{\text{ущ}}$ - удельный ущерб от сброса одной условной тонны вещества (2152руб/год),

σ_{κ} - безразмерный коэффициент, учитывающий факторы восприятия (для территории расположения ОАО «Балтийский завод» составляет 0,47– территория устья Невы) (Схема бассейна Невы).

ΔN -приведенная масса сброса загрязняющих веществ, ликвидируемая в результате внедрения НДТ в производственные процессы цинкования/хромирования соответственно, рассчитывается по формуле (Колесников, 2005):

$$\Delta N = N_{н.вр.} - N_{НДТ}, \text{ где}$$

$N_{н.вр.}$ –приведенная масса сброса загрязняющих веществ при современных технологиях осуществления гальванического процесса ОАО «Балтийский завод», т/год;

$N_{НДТ}$ –приведенная масса сброса загрязняющих веществ при осуществление гальванического производства с использованием НДТ, т/год.

$$\Delta N_{\text{цинк}} = 82,04 - 20,06 = 61,98$$

$$\Delta N_{\text{хром}} = 141,88 - 29,31 = 112,57$$

Полученные показатели предотвращенного экологического ущерба для процессов цинкования и хромирования цеха №11 ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ:

$$Y_{\text{пред.цинкование}} = 400 \cdot 5,38 \cdot 0,47 \cdot 61,98 = 62695,31 \text{ руб.}$$

$$Y_{\text{пред.хрмирование}} = 400 \cdot 5,38 \cdot 0,47 \cdot 112,57 = 112996,59 \text{ руб.}$$

Таким образом, внедрение наилучшей доступной технологии использования цинкатных щелочных электролитов в современные производственные процессы ОАО «Балтийский завод» позволит сократить экологический ущерб от осуществляемого в цехе цинкования на 62 695,31 руб./год, а внедрение технологии использования трехвалентных хромитных растворов в современные процессы хромирования позволит сократить экологический ущерб на 112 996,59руб./год

4.2.3 Расчет платы за загрязнение окружающей среды в результате гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при внедрении НДТ

Третьим показателем, расчет которого осуществляется в рамках решения задачи обеспечения экологически безопасного гальванического производства, является плата за загрязнение окружающей среды.

Плата за загрязнение окружающей среды является одним из используемых государством способов возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, позволяющим как компенсировать затраты на охрану окружающей среды, так и выступающим в качестве способа воздействия на предприятия для его заинтересованности в экологизации собственной производственной деятельности (Бобылев, 2000).

Современный порядок применения нормативов платы за загрязнение природной среды предполагает взимание платы по нормативам с независимо от ведомственной подчиненности природопользователя, видов и форм собственности за следующие экологически-опасные воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников;
- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от нестационарных источников;
- сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- размещение отходов;
- другие виды вредного воздействия (Бобылев, 2000).

Установлено два вида базовых нормативов платы:

1. выбросы и сбросы загрязняющих веществ в пределах допустимых лимитов, т.е. при значениях, не превышающих уровни предельно допустимых выбросов (ПДВ) или предельно допустимых сбросов (ПДС);
2. выбросы и сбросы загрязняющих веществ, в пределах установленных лимитов, т.е. при значениях, не превышающих уровней временно согласованных выбросов (ВСВ) или сбросов (ВСС).

При осуществление выбросов или сбросов сверх установленной нормы происходит взимание платы в пятикратном размере по отношению к плате в пределах ВСВ/ВСС.

Стоимостная величина платежей при выбросах и сбросах в пределах допустимых нормативов учитывается в себестоимости готовой продукции, тогда как платежи при выбросах и сбросах, превышающих установленные лимиты или являющимися несогласованными осуществляются за счет прибыли субъекта хозяйственной деятельности (Бобылев, 2000).

По результатам осуществленных ранее расчетов было установлено, что показатели выбросов и сбросов цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» загрязняющих веществ в окружающую среду как при современных технологиях, так и в результате внедрения НДТ осуществляются в пределах, не превышающих предельно допустимые нормативы, поэтому расчет платы за загрязнение окружающей среды для гальванического производства завода осуществляется по следующей формуле (Бобылев, 2000) (Приложение 12, 13, 14):

$$P_i = C_{ni} \cdot M_i, \text{ при } M_i \leq M_{ni}, \text{ где}$$

C_{ni} - ставка платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов, руб.;

M_i - масса фактического сброса загрязняющих веществ, тонн/год

M_{n_i} - предельно допустимый выброс i -го загрязняющего вещества, тонн/год.

Расчет ставки платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов осуществляется по следующей формуле (Бобылев, 2000) (см. Приложение 12, 13, 14):

$$C_{n_i} = H_{бн_i} \cdot \sigma_k, \text{ где}$$

$H_{бн_i}$ – базовый норматив платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (на основании Постановления Правительства Российской Федерации № 913 от 13.09.2016 г.), руб.;

σ_k - безразмерный коэффициент, учитывающий факторы восприятия (для территории расположения ОАО «Балтийский завод» составляет 0,47– территория устья Невы),

По результатам проведенных расчетов было установлено, что плата за загрязнение окружающей среды от осуществляемого на ОАО «Балтийский завод» цинкования составляет:

- при современных технологиях цинкования (Приложение 12):

$$P_{\text{цинк.н.вр.}} = \sum (C_{n_i} \cdot M_i) = 8052,42 \text{ руб./год}$$

- при внедрении технологии использования цинкатных щелочных электролитов цинкования (Приложение 13):

$$P_{\text{цинк.НДТ}} = \sum (C_{n_i} \cdot M_i) = 6449,17 \text{ руб./год}$$

Таким образом, внедрение предлагаемой автором исследования НДТ в области цинкования позволит сократить размер платы за загрязнение окружающей среды от осуществляемого производственного процесса на 20%.

Плата за загрязнение окружающей среды от осуществляемого на ОАО «Балтийский завод» процесса хромирования составляет:

- при современных технологиях хромирования (Приложение 12)

$$P_{\text{хром.н.вр.}} = \sum (C_{n_i} \cdot M_i) = 3337,43 \text{ руб./год}$$

- при внедрении технологии использования трехвалентных хромитных растворов (хромитирование) (Приложение 14):

$$P_{\text{хром.НДТ}} = \sum (C_{n_i} \cdot M_i) = 1127,64 \text{ руб./год}$$

Таким образом, внедрение предлагаемой автором исследования НДТ в области цинкования позволит сократить размер платы за загрязнение окружающей среды от осуществляемого производственного процесса на 67%.

По результатам осуществленных расчетов показателей эколого-экономической эффективности от внедрения в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» выбранных автором на основании сравнительного анализа НДТ цинкования и хромирования было установлено, что предполагаемый эффект на уровне цеха может быть определен как комплексный и масштабный. Результатом внедрения в производственные процессы гальванического цеха предлагаемых в данном исследовании НДТ станет как непосредственное сокращение производственных затрат (затраты на сырье, энергию, труд), так и косвенный экономический эффект, выражающийся в уменьшении издержек цеха в результате достижения базовых показателей экологически-безопасного гальванического производства и сокращения затрат на экологию: снижения размеров платы за загрязнение окружающей среды и уменьшение издержек за счет увеличения величины предотвращенного экологического ущерба. Таким образом, внедрение технологий использования цинкатных щелочных электролитов и хромирования в гальваническое производство цеха №11 ОАО «Балтийский завод» способствует не только модернизации непосредственно технологического процесса, но и обеспечению экологической безопасности осуществляемых процессов цинкования и хромирования в результате уменьшения экологического ущерба и сокращения объемов сбросов в водные объекты загрязняющих веществ. Результатом создания экологически-безопасного гальванического производства является снижение издержек цеха как следствие ресурсосбережения и сокращения размеров платы за загрязнение окружающей среды, следовательно, можно говорить о наличии корреляции между экологическим и экономическим эффектом от внедрения НДТ и общей эколого-экономической эффективности предлагаемых мероприятий по переходу к применению НДТ.

4.3. Оценка экономической заинтересованности ОАО «Балтийский завод» в переходе на использование НДТ в гальваническом производстве на современном этапе развития и производственной деятельности предприятия

Результатом осуществления оценки эколого-экономической эффективности процесса внедрения НДТ в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» является вывод о комплексном положительном и долгосрочном эффекте, проявляющемся на уровне производственного подразделения (цех №11) и заключающемся во

взаимосвязанных количественных изменениях показателей экологической нагрузки на окружающую среду и совокупных издержек на осуществление производственного процесса и экологию. Таким образом, было установлено, что использование НДТ может быть оценено как эффективный с экономической точки зрения метод обеспечения экологической безопасности гальванического производства структурного подразделения завода (цех). Однако, для оценки эффективности внедрения НДТ в производственные процессы ОАО «Балтийский завод» на уровне всего завода необходимо рассмотреть данный процесс с точки зрения изменения экономических и производственных показателей, характеризующих деятельность предприятия в целом.

По результатам проведенных ранее расчетов (Глава 2, 3) автором проводится анализ моделируемого в рамках данного исследования процесса внедрения НДТ в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» с позиций комплексного эффекта для предприятия в целом. В качестве метода исследования был выбран SWOT-анализа (см. Таблица 35).

Таким образом, положительными аспектами внедрения НДТ в гальваническое производство с позиции комплексного эффекта для ОАО «Балтийский завод» являются:

1. Снижение полной себестоимости гальванических покрытий и как следствие повышение рентабельности Цеха №11 за счет увеличения объемов прибыли;
2. Повышение уровня конкурентоспособности на национальном и международном рынках и возможность заключения новых соглашений.
3. Возможность получения преференций и финансовой поддержки и льгот от государства как результат достижения установленных экологических нормативов.

Следовательно, процесс перехода на использование НДТ в производственных процессах рассматриваемого в данном исследовании предприятия можно оценить как эффективный метод экономического стимулирования и экологической мотивации по достижению ключевых показателей экологически безопасного производства – максимального сокращения сброса загрязняющих веществ на сооружения системы очистки и, впоследствии, в окружающую среду.

Таблица 35. SWOT-анализ процесса перехода на НДТ гальванического процесса цеха с позиции ОАО «Балтийский завод»

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
1. Сокращение производственных затрат и расходов на эксплуатацию оборудования цеха при сохранении/увеличении объема и качества выпускаемой продукции 2. Достижение показателей экологически-безопасного гальванического производства 3. Уменьшение размеров платы за негативное воздействие на окружающую среду 4. Сокращение нагрузки на технологические системы экологической безопасности гальванического цеха 5. Малый период окупаемости при внедрении предлагаемых автором НДТ	1. Внеплановые затраты на замену оборудования в результате изменения технологического процесса 2. Необходимость установки автоматических телеметрических систем контроля сбросов в водную среду 3. Осуществление переквалификации рабочего персонала цеха 4. Повышенная финансовая нагрузка на предприятие на начальных стадиях внедрения НДТ 5. Достижение ожидаемого эффекта только при одномоментном начале работ по «внедрению» НДТ на всех производственных мощностях завода
Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
1. Увеличение производственных мощностей гальванического производства и расширение географии заказчиков 2. Повышение конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности завода за счет соответствия международным стандартам 3. Выход завода на международный уровень 4. Получения преференций от государства в рамках закона о промышленной политике и займов под реализацию инвестиционных проектов по льготным ставкам 5. Сокращение рисков введения торговых и других ограничений по основаниям экологической безопасности	1. Недостаточная детализация мер фактического экономического стимулирования со стороны государства, в том числе – выдачи КЭР. 2. Отсутствие единой и полной нормативно-правовой базы и пакета документов, определяющих порядок и правила реализации НДТ, в том числе – в гальваническом производстве. 3. Зависимость от импорта зарубежного оборудования, необходимого для использования НДТ на современном производстве завода 4. Повышенные экономические риски при изменении нормативов и/или невозможности их достижения в определенный период

Составлено автором по результатам исследования

Однако по результатам проведенного анализа были выявлены и возможные негативные последствия (в основном – экономические) при осуществлении перехода производственного процесса завода на использование НДТ. В обобщенном виде данными последствиями являются:

1. Повышенная финансовая нагрузка на завод в целом на стадиях разработки и внедрения НДТ;
2. Необходимость одновременного внедрения НДТ в ограниченный временной период (не более 7 лет) на всех структурных подразделениях завода для

обеспечения достижения установленных нормативов воздействия на окружающую среду;

3. Экономические риски при не достижении требуемых нормативов: если ОАО «Балтийский завод» не достигнет технологических нормативов по одному или нескольким показателям, то размеры платежей за негативное воздействие на окружающую среду будут увеличиваться до объемов, сопоставимых с расходами на очистку выбросов и сбросов.

Таким образом, для обеспечения получения ОАО «Балтийский завод» внешних экономических стимулов от внедрения НДТ необходим комплексный переход на их использование во всех производственных процессах завода, обуславливающий повышенную финансовую нагрузку в течение всего подготовительного и начального периодов. Дополнительным фактором, увеличивающим финансовые риски завода, является отсутствие полной нормативно-правовой базы, в том числе подзаконных актов и методических указаний по переходу на новую систему проектирования и согласования проектов, а также процедуру выдачи комплексных экологических разрешений – основного экономического стимула и логического завершения поэтапного перехода на НДТ.

На основании проведенного анализа эффективности внедрения НДТ в процессы гальванического производства ОАО «Балтийский завод» было установлено, что использование данных технологий на уровне одного структурного подразделения завода позволит достичь комплексный эколого-экономический эффект, наиболее сильно проявляющийся на уровне цеха. Достижение данного эффекта на уровне завода в целом возможно только при комплексном переходе к использованию наилучших доступных технологий, позиционируемых не только как инструмент обеспечения экологических показателей, но и как один из стимулов для обеспечения модернизации производственного процесса, роста конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности, повышения экономической эффективности и энергоемкости осуществляемых производственных процессов.

По результатам осуществленной оценки экономической эффективности от перехода к использованию НДТ в гальваническом производстве ОАО «Балтийский завод» было установлено, что внедрение предлагаемых автором технологий позволит достигнуть комплексного экономического эффекта, представленного как прямым, так и косвенным эффектом. Прямой экономический эффект от использования НДТ в процессах цинкования и хромирования заключается в значительном сокращении производственных затрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции и повышении прибыльности цеха.

Косвенным экономическим эффектом является снижение расходов предприятия на экологию (уменьшение затрат на осуществление работы систем экологической безопасности цеха, сокращение размеров платы за негативное воздействие на окружающую среду как следствие снижения экологического ущерба и достижения целевых показателей нормативов НДТ), рост конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности всего завода в целом и получение преференций и льгот государства в формате комплексного экологического разрешения. Таким образом, на основании оценки экономической эффективности от внедрения НДТ в гальваническое производство ОАО «Балтийский завод» можно заключить о наличии долгосрочного комплексного экономического эффекта, который может рассматриваться в качестве мотивирующего фактора для промышленного предприятия к экологизации своей деятельности и переходе к новым стандартам осуществления производственного процесса, основанным на принципах НДТ.

В то же время на основании проведенного автором в главах 3 и 4 анализа экологических и экономических показателей от внедрения в определенный производственный процесс различных технологий, относимых к категории НДТ, было установлено, что эффект от внедрения может быть различным и не всегда соответствующим целевым показателям развития предприятия и стандартам и нормативам НДТ. Следовательно, процесс перехода на использование НДТ будет экономически эффективным только при системном подходе к выбору технологий, осуществляемому с учетом с учётом существующих производственных мощностей и специфики производства. Результатом комплексного анализа исходных показателей и моделирования ожидаемых результатов на стадии выбора НДТ для внедрения в производственный процесс предприятия является комплексный эффект, выражающийся как в снижении негативного воздействия на состояние окружающей среды, так и в многостороннем экономическом эффекте.

Заключение

В процессе исследования теоретических основ процесса внедрения НДТ как современного инструмента достижения экологической безопасности гальванического производства автором было установлено, что НДТ являются потенциально динамичной развивающейся конструкцией, на основании чего исключается возможность рассмотрения их как устойчивой системы с общими для всех требованиями, критериями и типологией.

Для обеспечения наиболее эффективного перехода к применению НДТ и повсеместного улучшения экологической обстановки при осуществлении данного перехода в Российской Федерации целесообразно рассматривать адаптацию положительного опыта зарубежных стран с учетом экономической, технологической и социальной специфики России в целом и российского машиностроительного сектора в частности. Также необходимо учитывать, что любую технологию следует определять как НДТ не только в контексте определенной экономической отрасли, но и индивидуально для каждого предприятия, что позволяет обеспечить баланс производственных особенностей объекта и устанавливаемых жестких технологических нормативов.

По результатам осуществленного автором анализа принципов и задач стратегического развития и основных целей экологической политики ОАО «Балтийский завод» был сделан вывод о возможности выбора его как площадки для пионерного внедрения НДТ с перспективой достижения поставленных целевых показателей развития и повышения общей эффективности производства как на локальном уровне (гальваническое производство), так и на уровне всего предприятия как системы в целом. Предполагаемым результатом внедрения НДТ в процессы гальванического производства завода, с точки зрения автора, является перенос центра тяжести экологической деятельности от последствий в виде загрязнения окружающей среды, к их причине, т.е. к технологическим процессам – источникам негативных воздействий.

Проведенный автором анализ технологических процессов осуществляемого ОАО «Балтийский завод» гальванического производства позволяет сделать вывод, что на современном этапе на предприятии используются технологические схемы, характеризующиеся высокими показателями потери полезных компонентов в сток в течение производственного цикла (до 70%) и недостаточной эффективности очистки сточных вод производства. В качестве причины автор рассматривает недостаточно эффективные с экологической и экономической точек зрения технологии, характеризующиеся применением высококонцентрированных растворов токсичных химических элементов и значительными потерями сырья как в процессе непосредственно производства, так и на стадии очистки (используемая система очистки может быть определена как технологически устаревшая).

Осуществляемый автором выбор НДТ для последующего внедрения в технологические циклы процессов цинкования и хромирования цеха осуществляется на основе предлагаемой им методики двухэтапного отбора, на каждом из этапов которого определяется технологии, наименее соответствующие оцениваемым критериям (на первом этапе – экологическим, на втором – экономическим) и выбывающие из процесса выборки как не эффективный в условиях конкретного производственного процесса. Результатом выборки является определение технологии, прогнозируемые результаты реализации которой наиболее соответствуют требованиям, предъявляемым в НДТ в общем, а эффект от перехода заключается как в повышении экологичности осуществляемого процесса, так и в росте его экономической эффективности.

По результатам сравнительного анализа НДТ в области цинкования и хромирования на предмет соответствия их существующим производственным мощностям и технологическим требованиям гальванического производства ОАО «Балтийский завод» было установлено, что результат от внедрения различных НДТ в производственный процесс цеха будет различным. Автором было установлено, что одной из слабых сторон концепции НДТ является отсутствие комбинированного эффекта от значительной части рекомендуемых в ИТС технологий. Каждая НДТ нацелена на оптимизацию определенного экологического или технологического показателя, однако общий экологический и экономический эффект может быть нивелирован за счет повышения негативного воздействия на окружающую среду как косвенный результат использования данной НДТ, получаемый на других стадиях производственного процесса.

На основании осуществленной автором по описанной выше методике эколого-экономической оценки были выбраны две НДТ, внедрение которых в гальваническое производство завода может быть оценено как наиболее результативное с точки зрения снижения экологической нагрузки цеха №11 на окружающую среду и сокращения производственных затрат без потери качества и объема производимой продукции: для процесса цинкования – технология использования цинкатных щелочных электролитов цинкования, для процесса хромирования – технология использования трехвалентных хромитных растворов (хромитирование).

Процесс внедрения выбранных по результатам сравнительного анализа и оценки технологий рекомендуется осуществлять на основании разработанного автором Технического задания, в качестве оптимального источника финансирования автором предлагается финансирование перехода цеха гальванических покрытия на НДТ за счет собственных средств ОАО «Балтийский завод», что обусловлено наличием достаточных финансовых ресурсов в собственном капитале предприятия. В качестве дополнительного

источника предлагается привлечение заемных средств, используемых для финансирования дорогостоящих операций, реализация которых за счет венчурного капитала ОАО «Балтийский завод» не представляется рациональной.

По результатам проведенной оценки экономической эффективности от перехода к использованию НДТ в гальваническом производстве ОАО «Балтийский завод» было установлено, что внедрение предлагаемых автором технологий позволит достигнуть высоких показателей экономической эффективности, представленной как прямым, так и косвенным экономическим эффектом. Прямой экономический эффект от использования НДТ в процессах цинкования и хромирования заключается в значительном сокращении производственных затрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции и росте размера чистой прибыли цеха. Косвенным экономическим эффектом является снижение расходов предприятия на экологию (уменьшение затрат на осуществление работы систем экологической безопасности цеха, сокращение размеров платы за негативное воздействие на окружающую среду как следствие снижения экологического ущерба, достижения целевых показателей нормативов НДТ), рост конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности всего завода в целом и получение преференций и льгот государства в форме комплексного экологического разрешения. Таким образом, можно заключить о наличии комплексного экономического эффекта, который может рассматриваться в качестве мотивирующего фактора для промышленного предприятия к экологизации своей деятельности и переходе к новым стандартам осуществления производственного процесса, основанным на принципах НДТ.

По результатам проведенного исследования процесса внедрения НДТ в гальваническое производство и осуществленной оценки экономической эффективности данного перехода было установлено, что рассматриваемая модель отвечает современным требованиям энергетической и экологической эффективности функционирования промышленных предприятий в РФ и соответствует международным нормативам, предъявляемым к НДТ. Следствием перехода к применению выбранных по разработанной автором методике оценки НДТ цинкования и хромирования является комплексный экономический эффект как на уровне структурного подразделения ОАО «Балтийский завод», так и на уровне всего завода в целом. Таким образом, процесс перехода на использование НДТ может быть оценен как экономически эффективный, однако достижение данного эффекта представляется возможным только при системном подходе к выбору технологий и внедрении их в технологический процесс с учетом существующих производственных мощностей и специфики производства.

Список литературы

1. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 96/61/ЕС «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений»
2. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 г. о промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним
3. BREF Surface Treatment of Metals and Plastics
4. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации.
5. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012)
6. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
7. Федеральный закон от 21 июля 2014г. №219 – ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
8. Федеральный закон от 29.06.2015 № 162 «О стандартизации в Российской Федерации».
9. Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. N 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».
10. Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2014 N 398-р (ред. от 29.08.2015) «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий»
11. Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2014 г. N 2178-р «О поэтапном графике создания в 2015-2017 годах отраслевых справочников наилучших доступных технологий».
12. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. N 2674-р «Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий».
13. Распоряжение Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».
14. Приказ Росстандарта от 30 ноября 2015 г N 1484 «Об утверждении Порядка утверждения Справочников НДТ».
15. Приказ Росстандарта от 15 декабря 2015г. № 1578.
16. "Модельный закон об экологической безопасности (новая редакция)" (Принят в г. Санкт-Петербурге 15.11.2003 Постановлением 22-18 на 22-ом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ).

17. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / ИТС 8-2015. – М.: Бюро НДТ, 2015.
18. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях / ИТС-8-2016. – М.: Бюро НДТ, 2016.
19. ГОСТ Р 54097-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации.
20. ГОСТ 9.314-90. Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования.
21. ГОСТ 9.306-85. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения.
22. ГОСТ Р 14.07-2005 Руководство по включению аспектов безопасности окружающей среды в технические регламенты.
23. ГОСТ Р 14.13–2007. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля.
24. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Невы. Утверждена Приказом Невско-Ладужского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов от « 28 » мая 2015 г. № 63.
25. Программа инновационного развития ОАО «Балтийский завод» на период 2011-2020 года
26. Программа Технического перевооружения и реконструкции производственного комплекса ОАО «Балтийский завод» на период 2011-2020 гг
27. Годовые отчеты ОАО «Балтийский завод» за 2012-2015 годы.
28. Годовые отчеты ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» за 2012-2016 годы.
29. Техническая документация Цеха гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод»
30. Агапов И.И., Барк Г.И., Гендлер Б.И., Каширин В.В., Милованов И.В., Медведева В.И., Фирсова Л.П., Андреев Е.В. Линия гальванохимической обработки деталей. Патент РФ на полезную модель № 44677 от 11 ноября 2004 г.
31. Акиманова Т.Е и др.. Формирование политики природопользования (зарубежный опыт). М.: ЗАО Информдинамика, 2000. 180 с
32. Бегак М.В., Гусева Т.В., Боравская Т.В., Руут Ю., Молчанова Я.П., Захаров А.И., Сивков С.П. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России. М.: ЮрИнфоР-Пресс, 2010. 218 с. (а)
33. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Кризис: экономика и экология. М.: ЛЕВКО, 2000

34. Бобылев С. Н., Хаджиев А. Ш. Экономика природопользования, М: ИНФРА-М, 1997. 501 с.
35. Боравский Б.В., Скобелев Д.О., Венчикова В.Р., Боравская Т.В. Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения. М.: ООО «МИТ», 2014. 247 с.
36. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. Изд. 2-е, перераб. и доп. ". М.; Глобус, 2002. 352 с
37. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. Под ред. В.Н. Кудрявцева; Изд. 2-е, перераб. и доп.; М.:«Глобус», 2005. 240 с
38. Гарднер А., Шарф Д., Гальванотехника и обработка поверхности, М: Техника, 2002. 72 с.
39. Данилов-Данильян В.И., Степанов С.А. Россия в окружающем мире. М.: МНЭПУ, 2001. – 331 с.
40. Джангиров Д.А. Практические подходы к интернализации внешних экологических издержек. М.: НИА-Природа, 2005. 86 с.
41. Королева Е.Б., Жигилей О.Н., Кряжев А.М, Сергиенко О.И., Сокорнова Т.В. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы. СПб. Экопрофи, 2011. 123 с.
42. Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: М.: Высшая Школа 2003. 344с.
43. Михайлов Б.Н. Гальванотехника. Иркутск: ИрГТУ, 2010. 284 с.
44. Михайлов Б.Н. Эколого-технологические проблемы технической электрохимии. Иркутск: ИрГТУ, 2011. 268 с.
45. Найдено В.В., Губанов Л.Н. Очистка и утилизация промышленных стоков гальванического производства. Н. Новгород: Деком, 2000. 368 с.
46. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование М.: Глобус, 2007
47. Рюмина Е.В. Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. М.: Наука, 2009. 331 с.
48. Аверочкин Е.М., Молчанова Я.П., Гусева Т.В., Вартанян М.А. Национальные стандарты по наилучшим доступным технологиям как инструмент экологического нормирования предприятия, производящих керамические изделия // Химическая промышленность сегодня . 2013. №9. С. 33-39
49. Алексеев Е.В. Эффективность технологических схем флотационных установок для очистки сточных вод от ПАВ // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 2. – С. 30-33.

50. Баранов А.Н., Миронов А.В., Михайлов Б.Н. Исследование влияния азотсодержащих органических соединений на показатели процесса электроосаждения цинка // Известия вузов: Цветная металлургия. 1998. № 6. С. 53–55.
51. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Экологически безопасная технология цинкования // Современные технологии и научно-технический прогресс. Ангарск: АГТА, 2002. С. 83–84.
52. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Получение новых азотсодержащих блескообразователей для цинкования из щелочных электролитов // Современные технологии и научно-технический прогресс. Ангарск: АГТА, 2003. С. 160–171.
53. Бегак М. В., Гусева Т. В. Гармонизация экологических стандартов // Россия в окружающем мире. М.:2009. № 12.С.55-63.
54. Бегак М.В., Гусева Т.В. О применении наилучших доступных технологий в очистке сточных вод в Европейском Союзе. //Чистая вода: проблемы и решения. 2011. № 1-2. С. 50-53.
55. Бегак М.В., Кодолова А.В. Национальная стратегия экологической безопасности России: проблемы и перспективы. // Евразийский юридический журнал. 2016. № 2 (93). С. 226-230.
56. Бек Р.Ю., Маслий А.И. Экологические проблемы гальвотехники в России // Гальванотехника и обработка поверхности. 1999. Т. 2. №1. С. 7-11.
57. Большаков Н.Ю. Ващенко В.В. Минимизация вторичных загрязнений при обработке осадков сточных вод // Вода и экология. Проблемы и решения. 2011. № 1. С. 27-32
58. Виноградов С. С., Кудрявцев В. Н. Обоснованность и необоснованность применения разных перечней ПДК для стоков гальванического производства // Водоснабжение и канализация. 2010. № 3. С.12-19.
59. Виноградов С.С, Дьяченко А.В., Цесарский В.М. Сравнительные характеристики электролитов цинкования и кадмирования, определяющие возможность замены цианистых электролитов. //Судостроительная промышленность. Сер. Технология морского приборостроения. Л.: 1986, вып. 7, С.68-73.
60. Виноградов С.С. О применимости термина "класс опасности" в гальвано-производстве. //Гальванотехника и обработка поверхности. 2001. Т.9, № 4. С.45-4
61. Виноградов С.С. Экологическая опасность растворов и электролитов. //Экология и промышленность России. №7. 1997. С17-19. (а)
62. Виноградов С.С. Экологический критерий выбора растворов и электролитов, объема водопотребления и организации системы очистки сточных вод. //Гальванотехника и обработка поверхности. №4. 1997. С.41-47.

63. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П., Миронов А.В. Наилучшие доступные технологии как инструмент промышленной и экологической политики. // Вестник российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева: Гуманитарные и социально-экономические исследования. 2015. Т. 2. № 6. С. 62-76.
64. Донченко В.К. Актуальные проблемы экологической безопасности Российской Федерации. (По материалам доклада на заседании Совета Федерации в рамках Формата «Время эксперта»). //Региональная экология. 2016. № 3 (45). С. 7-16.
65. Донченко В.К. Краткий очерк по истории создания Санкт-Петербургской природно-технической системы экологической безопасности Балтийского моря. // Региональная экология. 2016. № 4 (46). С. 7-12.
66. Колесников В.А. Ильин В.И. Экономические основы природоохранных мероприятий в гальваническом производстве // Экология промышленного производства. 2005. Вып 3. С. 5-6.
67. Колоярцева Е. В., Бирюкова Н. В. Ермоленко Б. В. Современные методы повышения экологической безопасности гальванического производств // Успехи в химии и химической технологии. Выпуск № 11 (116) . том 24. 2010. С.41-48.
68. Корчик Н.М. Беликова С.В. Очистка сточных вод гальванического производства с возвратом воды на операции промывки // Водоочистка. 2010. № 9. С. 21-25.
69. Лукашевич О.Д. Индикаторы оценки водопотребления как социально-эколого-экономической среды // Вода и экология. Проблемы и решения. 2005. №3. С.13-20.
70. Максименко Ю. П., Горкина И. Д., Кучкаров З. А., Филичева Т. П. Наилучшие доступные технологии: экология или экономика? //Федеральный журнал «Экология 2030», сентябрь-октябрь 2014, С. 6-9.
71. Мезенцева О. В., Гревцов О. В. Подходы к построению системы регулирования на основе НДТ.// Научно-практический журнал «Экология производства» № 3 (12), 2015. С. 44-45.
72. Михайлов Б.Н. Пути обеспечения экологической чистоты гальванических производств // Современные технологии и научно-технический прогресс. Ангарск, 1997. С.52–55.
73. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Исследование процесса хромирования из электролита с добавкой ионов алюминия // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12 (83). С. 223–230. (а)
74. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Экологические и ресурсосберегающие аспекты хромирования // Вестник ИрГТУ. 2013. № 10 (81). С. 225–228. (б)
75. Михайлов Б.Н., Баранов А.Н., Сосновская, Н.Г., Миронов А.В., Пугачев А.В. Разработка цинкатных электролитов цинкования с новыми добавками – блескообразователями // Современные технологии и научно-технический прогресс. Ангарск, 2006. С. 22-26.

76. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 151-154. (а)
77. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка качества сточных вод в пространстве вектора экологической безопасности // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. № 09(13). Т. 1. С. 183-189 (б)
78. Соловьянов А.А. Переход на наилучшие доступные технологии// Экология производства, 2011, №2. С.65-69.
79. Соложенкин П.М. Теоретические основы и практические аспекты гальванохимической очистки сточных вод // Вода и экология. 2008. № 1. С. 12-32
80. Тулепбаев В. Б., Дьяченко И. О. Применение вакуумных выпаривателей для очистки сточных вод гальванического производства // Гальванотехника и обработка поверхности. 2008. № 1. С.37-41.
81. Виноградов С.С. Экологическая опасность гальванического производства, её оценка и снижение с минимальными затратами //Сборник тезисов докладов Международной конференции "Электрохимия, гальванотехника и обработка поверхности", 4-8 июня 2001 г. Москва. 2001. С 21.
82. Кузнецов В.В., Козинцев А.И, Виноградов С.С, Кудрявцев В.Н. Электроосаждение хрома из электролитов на основе солей Cr(III) с сильными и слабыми лигандами //Сборник тезисов докладов Международной конференции "Электрохимия, гальванотехника и обработка поверхности", 4-8 июня 2001 г. Москва. 2001. С. 6
83. http://www.korabel.ru/news/comments/ochistka_stochnih_vod_galvanicheskikh_proizvodstva_sudostroitelnykh_predpriyatiy.html - Очистка сточных вод гальванического производства судостроительных предприятий.
84. <http://www.ipolitics.ru/lnk/261.htm> - Шестая программа действий ЕС в области окружающей среды (с комментариями).
85. <http://publications.europa.eu/en/home> - Сближение с экологическим законодательством Европейского Союза в странах Восточной Европы, Кавказского региона и Средней Азии: Бюро официальных публикаций ЕС 2003.
86. <http://www.burondt.ru/> - Официальный сайт. Бюро наилучших доступных технологий.
87. <http://www.bz.ru/> - Официальный сайт. ООО «Балтийский завод – Судостроение»
88. <http://www.oaoosk.ru/> - Официальный сайт. АО «Объединенная судостроительная корпорация».
89. <http://www.rusregister.ru/> - Официальный сайт Ассоциация по сертификации «Русский Регистр»

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1. Сводная ведомость расхода компонентов на осуществление производственного цикла процесса цинкования цеха №11

Операция	Компоненты входящие в состав	Концентрация, г/л	ГОСТ	Потери раствора, л/м ²			Расход компонента кг/м ²	Сменность ванны в год	Общий объем ванн, л	Расход химикатов, кг	
				с деталями	в вентиляцию	при фильтрации				на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	Na ₃ PO ₄	30	201-76	0,4	0,015	0,05	0,0154	12	614	221,1	2334,5
	Na ₂ CO ₃	25	5100-85				0,0129			184,2	1945,4
Травление	HCl	200	857-95	0,4	0,015	—	0,0901	12	484	1161,6	13736,1
	Уротропин	45	1381-73				0,0204			261,4	3090,7
Цинкование	ZnO	75	10262-73	0,4	0,015	0,05	0,0267	1	614	168,9	4043,5
	NH ₄ Cl	250	3773-73				0,1213			767,5	18379,4
	NH ₃	5	6221-90				0,0012			7,7	183,8
	Уротропин	60	1381-73				0,0291			184,2	4411,1
	Клей столярный	3					0,0015			9,2	220,5
Пассивирование	CrO ₃	5	2548-77	0,4	—	—	0,0021	6	484	14,5	317,5
	Na ₂ Cr ₂ O ₇	30	4237-76				0,0126			87,1	1905,1
	HNO ₃	5	701-89				0,0021			14,5	317,5
	Na ₂ SO ₄	10	6318-77				0,0042			29,1	635,1

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 2. Сводная ведомость расхода компонентов на осуществление производственного цикла процесса хромирования цеха №11

Операция	Компоненты входящие в состав	Концентрация, г/л	ГОСТ	Потери раствора, л/м ²			Расход компонента кг/м ²	Сменная ванна в год	Общий объем ванн, л	Расход химикатов, кг	
				с детали	в вентиляцию	При фильтрации				на пуск	на выполнение производственного цикла
Обезжиривание	Na ₃ PO ₄	30	201-76	0,2	0,015	0,05	0,0154	12	573	206,3	527,5
	Na ₂ CO ₃	25	5100-85				0,0109			171,9	439,6
Травление	HCl	200	857-95	0,2	0,015	—	0,0701	12	455	1092	2829,2
	Уротропин	45	1381-73				0,0158			245,7	636,6
Хромирование	CrO ₃	250	2548-77	0,2	0,05	0,05	0,7033	4	573	1466,9	9225,3
	H ₂ SO ₄	5	2184-77				0,0072			45,9	288,3
	Zn	5,5	1180-91				0,0079			50,5	317,2

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 3. Сводная ведомость расхода воды на промывку и состав сточных вод линий цинкования и хромирования цеха №11

Наименование оборудования	Количество ванн	Промывочная поверхность, м²/ч	Удельный вынос раствора л/м²	Критерий промывки	Расход воды, л/ч		Годовой расход воды, м³	Характер сточных вод
					на ванну	общий		
Линия цинкования								
1.Электрохим. обезжиривание	2	3,4	0,6	37,5	70,5	141	1113,3	Кисло-щелочной
2. Травление	1		0,4	4000	486	486	3837,5	
3. Цинкование	1		0,6	6000	564	564	4453,4	
4. Осветление – пассивирование	2		0,3	50	28,5	57	450,1	Хромсодержащий
Итого:	6				1149	1248	9854,3	
Линия хромирования								
1.Электрохим. обезжиривание	2	5,12	0,5	37,5	5	10	79,0	Кисло-щелочной
2. Травление	1		0,4	4000	65	65	513,2	
3. Хромирование	2		0,5	16000	28,5	57	450,1	Хромсодержащий
Итого:	5				98,5	132	1042,3	

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 4. Сводная ведомость расчета затрат на производственный цикл цинкования при внедрении технологий использования цинкатных щелочных электролитов и рециклинг

Статья калькуляции	Цена, руб.	Расход на выполнение программы (в год)	
		Технология использования цинкатных щелочных электролитов	Технология рециклинга
Сырье, основные и вспомогательные материалы (кг/год)			
Na ₃ PO ₄	10	5116,04	3669,12
Na ₂ CO ₃	6,54	4263,35	3057,9
HCl	51	30219,3	22142,5
Уротропин	87	6799,42	9816
ZnO	168,5	2643,3	4710,9
NaOH	175	6924,6	0
NH ₄ Cl	70	0	21624,5
NH ₃	40	0	256,1
Клей столярный	125,6	0	331,7
CrO ₃	145	626,56	388,6
Na ₂ Cr ₂ O ₇	80	3759,46	2795,2
HNO ₃	73	626,56	552,4
Na ₂ SO ₄	65	1253,22	931,8
Энергия всех видов			
Вода, м ³	5,54	8072,8	2178,9
Электроэнергия, кВт	4,12	549581,4	775580,9
Пар, Гкал	283,42	681,75	1431,7

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 5. Сводная ведомость расчета затрат на производственный цикл хромирования при внедрении технологий хромирования и рециклинга

Статья калькуляции	Цена, руб.	Расход на выполнение программы (в год)	
		Технология хромирования	Технология рециклинга
Сырье, основные и вспомогательные материалы (кг/год)			
Na ₃ PO ₄	10	2078,86	2078,86
Na ₂ CO ₃	6,54	1732,4	1732,4
HCl	51	9448,33	9448,33
Уротропин	87	2125,9	2125,9
CrO ₃	145	11324,1	11324,1
H ₂ SO ₄	30	391,72	391,72
Zn	69,6	420,62	420,62
Энергия всех видов			
Вода, м ³	5,54	823,2	136,3
Электроэнергия, кВт	4,12	3 722 213,6	3 892 213,5
Пар, Гкал	283,42	266,6	477,8

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 6. Техническое задание

на внедрение в осуществляемое гальваническое производство цеха №11 ОАО «Балтийский завод» системы технологий использования цинкатных щелочных электролитов и трехвалентных хромитных растворов

1	Основание для производства работ	Выполнение требований федерального законодательства в области охраны окружающей среды
2	Назначение работ	Внедрение в осуществляемое гальваническое производство объекта системы технологий использования цинкатных щелочных электролитов и трехвалентных хромитных растворов
3	Место расположения объекта	г. Санкт-Петербург, Косая линия, дом 16, корпус 1, лит. Б
4	Заказчик	ОАО «Балтийский завод»
5	Вид работ	Гальванические работы
6	Сроки поставки продукции	С даты заключения Договора не более 30 дней
7	Цель	Строительство и техническое перевооружение гальванического производства цеха №11 гальванических покрытий ОАО «Балтийский завод» на базе наилучших доступных технологий, обеспечивающих рост уровня производства, экономическую эффективность и обеспечение экологической безопасности.
8	Задачи	<ul style="list-style-type: none"> – обеспечение технического и организационного роста уровня производства; – повышение качества покрытий; – повышение производительности за внедрения наилучших доступных технологий в гальваническое производство; – увеличение производственной мощности, оптимизированной по параметрам эффективность/стоимость; – снижение трудоемкости производственного процесса; – улучшение условий труда; – снижение вредного воздействия на окружающую среду. – внедрение системы экологического менеджмента – сертификация международными стандартами ISO 9000 и ISO 14000 и соблюдение данных стандартов – проведение внутреннего аудита
8	Перечень применяемых химикатов	Приведен в Приложении №9
9	Требования к качеству и безопасности товара	<p>1. Качество поставляемого товара должно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - полностью отвечать техническим требованиям, требованиям безопасности; - подтверждаться гигиеническими сертификатами, сертификатами соответствия (если оно подлежит сертификации согласно Постановлению Правительства РФ №982 от 01.12.09 г.), и иными документами, положенными

		<p>при поставках такого вида оборудования.</p> <p>2. Поставщик должен гарантировать качество и безопасность поставляемого товара.</p> <p>3. Качество поставляемого товара и оборудования к нему должно соответствовать или превосходить технические и качественные характеристики, приводимые в настоящем задании.</p> <p>4. Все поставляемые товары должны быть упакованы надлежащим образом.</p> <p>5. Поставщик должен обеспечить соответствие поставляемого товара требованиям безопасности жизни и здоровья учеников и сотрудников.</p>
10	Требования к таре и упаковке товара	<p>1. Поставщик обязан передать Заказчику товар в заводской упаковке, обеспечивающей сохранность товара при его перевозке и, при необходимости, последующем хранении.</p> <p>2. Упаковка товара должна предупреждать возможные потери поставляемого товара. Упаковка должна быть без следов воздействия на нее влаги и температуры окружающей среды.</p>
11	Гарантийные обязательства	<p>Поставляемый товар должен иметь гарантию производителя и Поставщика. Гарантийный срок производителя на поставляемый товар должен быть не менее 12 месяцев. Срок действия гарантии Поставщика должен быть не менее 12 месяцев со дня поставки, и не менее чем срок действия гарантии производителя товара. Предоставление указанной гарантии осуществляется вместе с товаром. Обслуживание и устранение недостатков, дефектов, неполадок, выявленных при эксплуатации в течение гарантийного срока, осуществляется за счет средств Поставщика.</p>
12	Общие требования	<ul style="list-style-type: none"> – Гарантия на всю систему с момента монтажа. – Проведение монтажных и пусконаладочных работ. – Обучение (инструктаж) специалистов заказчика.
13	Основные этапы выполнения работ	<p>1. Анализ существующего производства;</p> <p>2. Моделирование гальванического производства;</p> <p>На этапах проведения анализа и моделирования рассматриваются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - действующие производственные связи и программы; - виды покрытий с технологией их производства; - гальванические ряды и ванны (химические составы, режимы, свойства электролитов, качество воды и энергоносителей); - проведение анализа параметров нанесения покрытий, особенностей приспособлений и устройств, применяемых для нанесения покрытий на всей номенклатуре покрытий и изделий, уточнение технологических параметров, с соблюдением требований нормативной документации; - определение параметров мощности линий; - построение моделей технологических процессов; - представление рекомендаций по переменным технологическим параметрам с сохранением полного соответствия требованиям нормативной документации;

		<ul style="list-style-type: none"> - расчет экономического эффекта и обоснование применения конкретных технологических решений; - предоставление отчета проведенного анализа и моделирования, а также предложений по реализации проекта. <p>По завершению этапов анализа и моделирования заказчику должны быть представлены технико-коммерческие предложения, обоснованные соответствующими расчетами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Оптимизации состава и количества видов покрытий, рядов и ванн в каждой гальванической линии с целью экономии площадей, энергоресурсов, материалов; 2) Оптимизации уровней автоматизации, механизации гальванических линий с технико-экономическим обоснованием выбора той или иной степени автоматизации для обеспечения запланированной программы выпуска изделий (площадей покрываемых деталей); 3) Рекомендаций по передаче на аутсорсинг нерентабельных и малоиспользуемых видов покрытий; 4) Необходимости наличия участка водоподготовки (с указанием эксплуатационных расходов); 5) Наличия участка регенерации растворов (с указанием эксплуатационных расходов); 6) Наличия очистных сооружений или комплекта оборудования по оборотному водоснабжению (с указанием эксплуатационных расходов и технико-экономическим обоснованием выбора оптимизированного варианта водоочистки); 7) Гарантийного и постгарантийного обслуживания оборудования с указанием сроков поставки запчастей, перечня изнашиваемых комплектующих и наличия сервисных центров; 8) Сроков разработки инженерного проекта с указанием этапов и условий оплаты; 9) Этапов и сроков изготовления, транспортировки, монтажа, пуско-наладки и запуска в эксплуатацию (с указанием их стоимости); <p>3. Проектирование гальванических рядов и ванн; На этапе проектирования производится:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уточнение и согласование принципа построения гальванических линий и оборудования с заказчиком. - разработка и утверждение инженерного проекта технологии, планировки и потребного оборудования. <p>Комплект проектной документации должен содержать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общую пояснительную записку с планировкой (концепция проекта с отражением всех необходимых этапов изготовления и поставки оборудования (со сроками и стоимостями каждого этапа); - перечень обоснованных технических и технологических рекомендаций по каждому процессу и изделию; - описание спецификации линий; - чертежи расположения гальванических линий, включая все
--	--	---

		<p>вспомогательные агрегаты;</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчетные нагрузки на основание по всем узлам линий; - расчетные данные по потреблению всех ресурсов линиями; - расчетная процессная модель линий и параметрами процессов; <p>Представленная проектная документация должна быть выполнена с соблюдением требований норм Российского законодательства и требований действующей по нормативно-технической документации. Документация предоставляется на русском языке, на бумажном и электронном носителях.</p> <p>4. Изготовление гальванического оборудования (с этапами, сроками и стоимостью изготовления);</p> <p>5. Доставка на площади заказчика (с этапами, сроками и стоимостью доставки);</p> <p>6. Монтаж оборудования с этапами, сроками, стоимостью монтажа;</p> <p>7. Пуско-наладочные работы с выходом на серийное производство (с этапами, сроками и стоимостью работ)</p>
--	--	---

Приложение 7. Перечень химических компонентов, применяемых при осуществлении производственного процесса на основании Технического задания (Приложение 6).

Название компонента	ГОСТ
Тринатрийфосфат	201-76
Карбонат натрия	5100-85
Уротропин	1381-73
Оксид цинка	10262-73
Хлорид аммония	3773-73
Аммиак 25%	6221-90
Клей столярный	-
Натрий двуххромовокислый	4237-76
Хлороводород	857-95
Хромовый ангидрид	2548-77
Азотная кислота	701-89
Сульфат натрия	6318-77
Цинк металлический	1180-91
Серная кислота	2184-77

Составлено автором по результатам исследования

Приложение 8. Сводная ведомость расчета показателя экологического ущерба от осуществляемого процесса цинкования при современных технологиях Составлено автором по результатам расчетов

Наименование компонентов	ПДК, г/м ³	A _i , усл.т/т	$C_{ст.в.}^{до}$, г/м ³	$C_{ст.в.}^{после}$, г/м ³	M_i , т/год	N_i , усл.т/т
1	2	3	4	7	8	9
Кисло-щелочные стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 9404,2 \text{ м}^3$						
Na ₃ PO ₄	100	0,01	588	41,16	0,3871	0,0039
Na ₂ CO ₃	100	0,01	491	34,37	0,3232	0,0032
HCl	300	0,003	2615	183,05	1,7214	0,0052
Уротропин	0,5	2	588	41,16	0,3871	0,7742
ZnO	0,01	100	588	41,16	0,3871	38,7077
NH ₄ Cl	0,05	20	1961	137,27	1,2909	25,8183
NH ₃	0,08	12,5	39	2,73	0,0257	0,3209
Уротропин	0,5	2	471	32,97	0,3101	0,6201
Клей столярный	0,01	100	23	1,61	0,0151	1,5141
Хромосодержащие стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 450,1 \text{ м}^3$						
CrO ₃	0,001	1000	453	31,71	0,0142	14,2726
Na ₂ Cr ₂ O ₇	100	0,01	2720	190,4	0,0856	0,0009
HNO ₃	40	0,025	453	31,71	0,0142	0,0004
Na ₂ SO ₄	100	0,01	906	63,42	0,0285	0,0003
ИТОГО:						82,041

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 9. Сводная ведомость расчета показателя экологического ущерба от осуществляемого процесса цинкования при внедрении НДТ использования цинканных щелочных электролитов

Наименование компонентов	ПДК, г/м ³	A _i , усл.т/т	$C_{ст.в.}^{до}$, г/м ³	$C_{ст.в.}^{после}$, г/м ³	M_i , т/год	N_i , усл.т/т
1	2	3	4	7	8	9
Кисло-щелочные стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 7622,8 \text{ м}^3$						
Na ₃ PO ₄	100	0,01	41,16	0,3138	0,0031	0,588
Na ₂ CO ₃	100	0,01	34,37	0,2620	0,0026	0,491
HCl	300	0,003	183,05	1,3954	0,0042	2,615
Уротропин	0,5	2	41,16	0,3138	0,6275	0,588
ZnO	0,01	100	5,6	0,0427	4,2688	0,08
NaOH	0,5	2	57,4	0,4375	0,8751	0,82
Хромосодержащие стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 450,1 \text{ м}^3$						
CrO ₃	0,001	1000	453	31,71	0,0142	14,2726
Na ₂ Cr ₂ O ₇	100	0,01	2720	190,4	0,0856	0,0009
HNO ₃	40	0,025	453	31,71	0,0142	0,0004
Na ₂ SO ₄	100	0,01	906	63,42	0,0285	0,0003
ИТОГО:						20,0555

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 10. Сводная ведомость расчета показателя экологического ущерба от осуществляемого процесса хромирования при современных технологиях

Наименование компонентов	ПДК, г/м ³	A _i , усл.т/т	$C_{ст.в.}^{до}$, г/м ³	$C_{ст.в.}^{после}$, г/м ³	M_i , т/год	N_i , усл.т/т
1	2	3	4	7	8	9
Кисло-щелочные стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 592,2 \text{ м}^3$						
Na ₃ PO ₄	100	0,01	1024	71,68	0,0424	0,0004
Na ₂ CO ₃	100	0,01	853	59,71	0,0354	0,0004
HCl	300	0,003	5461	382,27	0,2264	0,0007
Уротропин	0,5	2	1228	85,96	0,0509	0,1018
Хромосодержащие стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 450,1 \text{ м}^3$						
CrO ₃	0,001	1000	4491	314,37	0,1414	141,4979
H ₂ SO ₄	100	0,01	89	6,23	0,0024	0,00028
Zn	0,01	100	89	6,23	0,0028	0,2804
ИТОГО:						141,8816

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 11. Сводная ведомость расчета показателя экологического ущерба от осуществляемого процесса хромирования при внедрении НДТ использования трехвалентных хромитных растворов

Наименование компонентов	ПДК, г/м ³	A _i , усл.т/т	$C_{ст.в.}^{до}$, г/м ³	$C_{ст.в.}^{после}$, г/м ³	M _i , т/год	N _i , усл.т/т
1	2	3	4	7	8	9
Кисло-щелочные стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 592,2 \text{ м}^3$						
Na ₃ PO ₄	100	0,01	1024	71,68	0,0424	0,0004
Na ₂ CO ₃	100	0,01	853	59,71	0,0354	0,0004
HCl	300	0,003	5461	382,27	0,2264	0,0007
Уротропин	0,5	2	1228	85,96	0,0509	0,1018
Хромосодержащие стоки, $V_{ст.в.}^{год} = 450,1 \text{ м}^3$						
CrO ₃	0,001	1000	1796	125,72	0,029066	29,0664
H ₂ SO ₄	100	0,01	89	6,23	0,00144	0,000014
Zn	0,01	100	89	6,23	0,00144	0,1440
ИТОГО:						29,3138

Составлено автором по результатам расчетов

Приложение 12. Сводная ведомость расчета платы за загрязнение окружающей среды от осуществляемого процесса гальванического производства ОАО «Балтийский завод» при современных технологиях

Компонент	М (Массы сбрасываемых веществ), т/год	$H_{\text{бнi}}$ (базовый норматив платы за выброс 1 тонны), руб.	Плата за загрязнение окружающей среды
Линия цинкования			
Na_3PO_4	0,3871	3527,7	5461,96
Na_2CO_3	0,3232	7049	9113,58
HCl	1,7214	4505,9	31026,52
Уротропин	0,3871	1748,5	2707,22
ZnO	0,3871	5248	8125,52
NH_4Cl	1,2909	1140,6	5889,67
NH_3	0,0257	14105,6	1448,56
Уротропин	0,3101	1748,5	2168,53
CrO_3	0,0143	28512,2	1627,78
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,0857	1413,1	484,41
HNO_3	0,0143	5536,8	316,10
Na_2SO_4	0,0285	1413,1	161,35
Итого			68531,20
Линия хромирования			
Na_3PO_4	0,0424	3527,7	598,99
Na_2CO_3	0,0354	7049	997,02
HCl	0,2264	4505,9	4080,19
Уротропин	0,0509	1748,5	356,03
CrO_3	0,1415	28512,2	16137,67
H_2SO_4	0,0028	6655,5	74,65
Zn	0,0028	70522,9	791,02
Итого			23035,55
ИТОГО по цеху			91566,75

Приложение 13. Сводная ведомость расчета платы за загрязнение окружающей среды от осуществляемого процесса цинкования ОАО «Балтийский завод» при внедрении технологии использования цинкатных щелочных электролитов цинкования

Компонент	М (Массы сбрасываемых веществ), т/год	$H_{\text{бн}_i}$ (базовый норматив платы за выброс 1 тонны), руб.	Плата за загрязнение окружающей среды
1	2	3	4
Na_3PO_4	0,3871	3527,7	5461,96
Na_2CO_3	0,3232	7049	9113,58
HCl	1,7214	4505,9	31026,52
Уротропин	0,3871	1748,5	2707,22
ZnO	0,0427	5248	896,10
NaOH	0,4375	1766,4	3091,54
CrO_3	0,0143	28512,2	1627,78
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,0857	1413,1	484,41
HNO_3	0,0143	5536,8	316,10
Na_2SO_4	0,0285	1413,1	161,35
Итого			54886,56

Составлено автором по результатам расчетов

**Приложение 14. Сводная ведомость расчета платы за загрязнение окружающей среды от осуществляемого процесса хромирования
ОАО «Балтийский завод» при внедрении технологии использования трехвалентных хромитных растворов**

Компонент	М (Массы сбрасываемых веществ), т/год	$H_{\text{бн}_i}$ (базовый норматив платы за выброс 1 тонны), руб.	Плата за загрязнение окружающей среды
1	2	3	4
Na ₃ PO ₄	0,0424	3527,7	598,99
Na ₂ CO ₃	0,0354	7049	997,02
HCl	0,2264	4505,9	4080,19
Уротропин	0,0509	1748,5	356,03
CrO ₃	0,0291	8145,5	947,04
H ₂ SO ₄	0,0014	6655,5	38,35
Zn	0,0014	70522,9	406,32
Итого			7423,93

Составлено автором по результатам расчетов